

Express Mail Label No. EL631546225US
PATENT
36856.463

1C903 U.S. PTO

09/833538



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Yuichi TAKAMINE

Serial No.: Currently unknown

Filing Date: Concurrently herewith

For: **LONGITUDINALLY COUPLED
RESONATOR-TYPE SURFACE ACOUSTIC
WAVE FILTER**

#6/PD
Approved
8/7/02

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENTS

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of each of Japanese Patent Application Nos. 2000-116815 filed April 18, 2000, and 2001-020456, filed January 29, 2001, from which priority is claimed under 35 U.S.C. 119 and Rule 55b. Acknowledgement of the priority document is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

Date: April 12, 2001

Christopher A. Bennett
Attorney for Applicant(s)
Reg. No. 46,710

KEATING & BENNETT LLP
10400 Eaton Place, Suite 312
Fairfax, VA 22030
(703) 385-5200

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC903 U.S. PTO
09/833538
04/12/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2000年 4月18日

出願番号
Application Number:

特願2000-116815

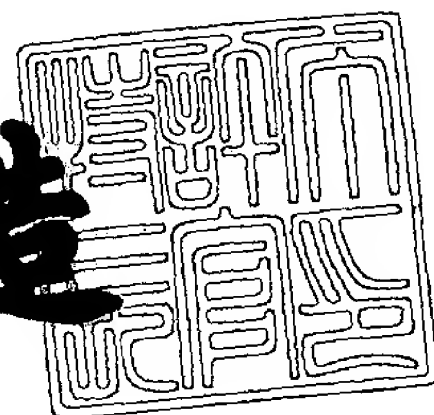
出願人
Applicant(s):

株式会社村田製作所

2001年 2月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3011658

【書類名】 特許願

【整理番号】 DP000084

【提出日】 平成12年 4月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/12

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

 【氏名】 高峰 裕一

【特許出願人】

 【識別番号】 000006231

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

 【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

 【識別番号】 100086597

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 宮▼崎▲ 主税

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 004776

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電基板と、

前記圧電基板上において弾性表面波伝搬方向に沿って形成されており、それぞれ複数本の電極指を有する少なくとも 3 つの I D T とを備え、

少なくとも 1 つの I D T が、表面波伝搬方向に隣接している他の I D T 側端部から一部分である第 1 の部分の電極指の周期が、該 I D T の残りの部分である第 2 の部分の電極指の周期と異なっていることを特徴とする、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 2】 前記第 1 の部分の電極指の周期が、前記第 2 の部分の電極指の周期よりも小さい、請求項 1 に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 3】 前記第 1 の部分の電極指の周期が、前記第 2 の部分の電極指の周期の 0.82 ～ 0.99 倍である、請求項 2 に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 4】 隣合う一対の I D T の双方が、第 1 の部分の電極指の周期が第 2 の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、第 1 の部分の電極指の周期で決まる波長を λ_{I1} 、第 2 の部分の電極指の周期で決まる波長を λ_{I2} とすると、前記一対の I D T の隣合う電極指中心間距離が、 $0.5\lambda_{I1}$ と略一致されている、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 5】 隣合う一対の I D T の一方のみが、第 1 の部分の電極指の周期が、第 2 の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、該第 1 の部分の電極指の周期で決まる表面波の波長を λ_{I1} 、第 2 の部分の電極指の周期で決まる波長を λ_{I2} とすると、前記一対の I D T の隣合う電極指中心間距離が、 $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致されていることを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 6】 前記第 1 の部分の電極指の周期が第 2 の部分の電極指の周期と異ならされている I D T において、前記第 1 の部分の電極指の周期で決まる波

長を $\lambda I 1$ 、第 2 の部分の電極指の周期で決まる波長を $\lambda I 2$ とすると、第 1 の部分の電極指と、第 2 の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25\lambda I 1 + 0.25\lambda I 2$ に略一致していることを特徴とする、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 7】 第 1, 第 2 の部分を有する I D T と、該 I D T に隣接する I D T との隣合う電極指の極性が異なることを特徴とする、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 8】 隣合う一対の I D T の隣合っている部分の両側において、第 1 の部分の電極指の合計の本数が 1 8 本以下である、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 9】 表面波伝搬方向において隣合う一対の I D T の双方が、前記第 1, 第 2 の部分を有し、双方の I D T における第 1 の部分の電極指の本数が異なることを特徴とする、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 0】 前記圧電基板が、 LiTaO_3 単結晶を X 軸を中心に Y 軸方向に 3 6 ～ 4 4 度の範囲で回転させたものである、請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 1】 前記第 1 の部分の電極指の膜厚が、第 2 の部分の電極指の膜厚と異なる、請求項 1 ～ 1 0 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 2】 前記第 1 の部分の電極指の膜厚が、前記第 2 の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている、請求項 1 1 に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 3】 前記第 1 の部分の電極指がスプリット電極により構成されている、請求項 1 ～ 1 2 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 4】 請求項 1 ～ 1 3 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタが、少なくとも 2 段縦続接続されていることを特徴とする、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 5】 前記複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの少なくとも 1 つの段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第 1 の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける前記第 1 の部分の電極指の周期と異ならされている、請求項 1 4 に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 6】 複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各段において、前記第 1 の部分の電極指の周期が異なっている、請求項 1 5 に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 7】 少なくとも 1 つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている、請求項 1 ～ 1 6 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 8】 平衡－不平衡入出力を有するように構成されている、請求項 1 ～ 1 7 のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 9】 平衡－平衡入出力を有するように構成されている、請求項 1 ～ 1 7 に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、縦結合共振子型弾性表面波フィルタに関し、特に、3 個以上の I D T（インターデジタルトランスデューサ）を有する縦結合共振子型弾性表面波フィルタに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、携帯電話機の R F 段のバンドパスフィルタとして、弾性表面波フィルタが広く用いられている。バンドパスフィルタでは、低損失、高減衰量及び広帯域であることなどが求められ、弾性表面波フィルタにおいても、これらの要求を満たすために種々の提案がなされている。

【 0 0 0 3 】

特開平 5 - 2 6 7 9 9 0 号公報には、縦結合共振子型弾性表面波フィルタにお

いて広帯域化を図る方法の一例が開示されている。ここでは、隣合う I D T 間における電極指が周期的に並ぶ条件、より具体的には、弾性表面波伝搬方向に隣合う 2 個の I D T の隣接する電極指中心間距離を、電極指の周期で決まる波長の 0.5 倍からずらすことにより、共振モードを最適に配置する方法が採用されている。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記先行技術のように、隣合う I D T 間において、隣合う電極指の中心間距離を、電極指の周期で決まる波長の 0.5 倍からずらすと、その部分において弾性表面波伝搬路の周期的な連続性が悪化する。特に、漏洩弾性表面波（リーキー波）を用いる 36° Y カット X 伝搬 L i T a O₃ や 64° Y カット X 伝搬 L i N b O₃ などの圧電基板を用いた場合には、バルク波の放射による損失が増加することとなる。その結果、広帯域化を図ることは可能であっても、挿入損失が大きくなるという問題があった。

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、上述した先行技術の問題点を解消し、広帯域化を図り得るだけでなく、通過帯域内における挿入損失を小さくし得る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することにある。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の広い局面によれば、圧電基板と、前記圧電基板上において弾性表面波伝搬方向に沿って形成されており、それぞれ複数本の電極指を有する少なくとも 3 つの I D T とを備え、少なくとも 1 つの I D T が、表面波伝搬方向に隣接している他の I D T 側端部から一部分である第 1 の部分の電極指の周期が、該 I D T の残りの部分である第 2 の部分の電極指の周期と異なっていることを特徴とする縦結合共振子型弾性表面波フィルタが提供される。

【 0 0 0 7 】

本発明のある特定の局面では、第 1 の部分の電極指の周期が、第 2 の部分の電極指の周期よりも小さくされている。

本発明のより限定的な局面では、第 1 の部分の電極指の周期が、第 2 の部分の電極指の周期の $0.82 \sim 0.99$ 倍である。

【0008】

本発明の別の特定の局面では、隣合う一対の IDT の双方が、第 1 の部分の電極指の周期が第 2 の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、第 1 の部分の電極指の周期で決まる波長を $\lambda I 1$ 、第 2 の部分の電極指の周期で決まる波長を $\lambda I 2$ とすると、前記一対の IDT の隣合う電極指中心間距離が、 $0.5 \lambda I 1$ と略一致されている。

【0009】

本発明の他の特定の局面では、隣合う一対の IDT の一方のみが、第 1 の部分の電極指の周期が、第 2 の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、該第 1 の部分の電極指の周期で決まる表面波の波長を $\lambda I 1$ 、第 2 の部分の電極指の周期で決まる波長を $\lambda I 2$ とすると、前記一対の IDT の隣合う電極指中心間距離が、 $0.25 \lambda I 1 + 0.25 \lambda I 2$ に略一致されている。

【0010】

本発明のさらに他の特定の局面では、第 1 の部分の電極指の周期が第 2 の部分の電極指の周期と異ならされている IDT において、第 1 の部分の電極指の周期で決まる波長を $\lambda I 1$ 、第 2 の部分の電極指の周期で決まる波長を $\lambda I 2$ とすると、第 1 の部分の電極指と、第 2 の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25 \lambda I 1 + 0.25 \lambda I 2$ に略一致されている。

【0011】

本発明のさらに別の特定の局面では、第 1、第 2 の部分を有する IDT と、該 IDT に隣接する IDT との隣合う電極指の極性が異ならされている。

本発明の別の特定の局面では、隣合う一対の IDT の隣合っている部分の両側において、第 1 の部分の電極指の合計の本数が 18 本以下とされている。

【0012】

本発明のさらに別の特定の局面では、表面波伝搬方向において隣合う一対の IDT の双方が、上記第 1、第 2 の部分を有し、双方の IDT における第 1 の部分の電極指の本数が異なるように構成されている。

【0013】

本発明においては、上記圧電基板を構成する圧電材料は特に限定されるわけではないが、好ましくは、 LiTaO_3 単結晶をX軸を中心にY軸方向に36～44度の範囲で回転させたものが用いられる。

【0014】

本発明の他の特定の局面では、前記第1の部分の電極指の膜厚が、第2の部分の電極指の膜厚と異なるように構成されている。この場合、好ましくは、前記第1の部分の電極指の膜厚が、前記第2の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている。

【0015】

また、本発明のさらに他の特定の局面では、前記第1の部分の電極指がスプリット電極により構成されている。

本発明のさらに他の特定の局面では、本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタが少なくとも2段縦続接続される。好ましくは、前記複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの少なくとも1つの段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける前記第1の部分の電極指の周期と異ならされる。

【0016】

また、本発明のより限定的な局面では、上記複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各段において、前記第1の部分の電極指の周期が異なっている。

本発明のさらに他の特定の局面では、少なくとも1つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている。

【0017】

本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、平衡－不平衡入出力を有するように構成されてもよく、平衡－平衡入出力を有するように構成されていてもよい。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明をより詳細に説

明する。

【 0 0 1 9 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを説明するための略図的平面図である。なお、本実施例及び以下の実施例では、E G S M方式の携帯電話の受信用バンドパスフィルタに適用されるものである。もっとも、本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、他の方式の携帯電話機や、携帯電話機以外の他の通信機器におけるバンドパスフィルタとしても用いることができる。

【 0 0 2 0 】

本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 は、圧電基板 2 上に、図 1 に略図的平面図で示されている電極構造を形成することにより構成されている。圧電基板 2 は、 36° Y カット X 伝搬 LiTaO_3 基板を用いて構成されている。もっとも、圧電基板 2 は、他の結晶方位の LiTaO_3 基板を用いて構成してもよく、あるいは LiTaO_3 基板以外の他の圧電材料、例えば LiNbO_3 基板や水晶などの圧電単結晶、あるいは圧電セラミックスを用いて構成してもよい。さらに、圧電基板 2 は、絶縁基板上に ZnO 薄膜などの圧電薄膜を形成することにより構成されていてもよい。

【 0 0 2 1 】

本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 では、圧電基板 2 上に A 1 により以下に詳述する電極構造が形成されている。もっとも、電極材料としては、A 1 以外の金属もしくは合金を用いてもよい。

【 0 0 2 2 】

本実施例では、第 1，第 2 の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1，1 2 が縦続接続されている。すなわち、2 つの縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1，1 2 が 2 段縦続接続されている。

【 0 0 2 3 】

弾性表面波フィルタ 1 1，1 2 は、いずれも、表面波伝搬方向に沿って配置された 3 個の I D T を有する。すなわち、これらの弾性表面波フィルタ 1 1，1 2 は、3 I D T タイプの縦結合共振子型弾性表面波フィルタである。また、弾性表

面波フィルタ 1 1, 1 2 の電極設計は同一とされている。

【 0 0 2 4 】

弾性表面波フィルタ 1 1 は、I D T 1 3 ~ 1 5 を有する。そして、I D T 1 3 ~ 1 5 が形成されている部分の表面波伝搬方向両側にグレーティング型の反射器 1 6, 1 7 が配置されている。同様に、弾性表面波フィルタ 1 2 も、3 個の I D T 1 8 ~ 2 0 及び I D T 1 8 ~ 2 0 が形成されている領域の表面波伝搬方向両側に配置されたグレーティング型反射器 2 1, 2 2 とを有する。

【 0 0 2 5 】

本実施例では、弾性表面波フィルタ 1 1 の中央に配置された I D T 1 4 の一端が入力端とされており、弾性表面波フィルタ 1 2 の中央に配置されている I D T 1 9 が出力端とされている。また、I D T 1 3, 1 5 の一端が、それぞれ、I D T 1 8, 2 0 の一端に接続されている。入出力端あるいは I D T 相互に接続されている端部とは逆側の各 I D T 1 3 ~ 1 5, 1 8 ~ 2 0 の端部は図 1 から明らかなように、アース電位に接続されている。

【 0 0 2 6 】

本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 の特徴は、弾性表面波フィルタ 1 1, 1 2 において、隣合う I D T 間の両側において、I D T の一部の電極指ピッチが、該 I D T の残りの部分の電極指ピッチよりも狭められていることにある。これを、I D T 1 3, 1 4 間を例にとり、より具体的に説明する。

【 0 0 2 7 】

I D T 1 3 と I D T 1 4 とは、表面波伝搬方向において隣合っている。I D T 1 3 の I D T 1 4 側の端部から数本の電極指 1 3 a, 1 3 b 間の電極指ピッチが、残りの電極指 1 3 c, 1 3 d, 1 3 e, 1 3 f, 1 3 g 間の電極指ピッチよりも狭められている。同様に、I D T 1 4 においても、I D T 1 3 側の端部の数本の電極指 1 4 a, 1 4 b 間の電極指ピッチが、電極指 1 4 c, 1 4 d, 1 4 e, 1 4 f, 1 4 g 間の電極指ピッチよりも狭められている。なお、I D T 1 3 において、上記のように I D T 1 4 側端部から複数本の電極指 1 3 a, 1 3 b 間の電極指ピッチが狭められている部分を第 1 の部分とし、残りの電極指 1 3 c ~ 1 3 g が配置されている部分を第 2 の部分とする。このように、本実施例の弾性表面

波フィルタ 1 では、各 I D T が、隣接する I D T 側端部から複数本の電極指のピッチが、残りの電極指のピッチよりも狭められている。

【 0 0 2 8 】

なお、中央に配置されている I D T 1 4 においては、第 1 の部分は表面波伝搬方向両側に配置されている。すなわち、上述した電極指 1 4 a, 1 4 b が設けられている部分だけでなく、I D T 1 5 側の端部の複数本の電極指 1 4 h, 1 4 i が配置されている部分においても電極指ピッチが狭められており、従って、電極指 1 4 h, 1 4 i が設けられている部分も第 1 の部分となる。

【 0 0 2 9 】

I D T 1 5 においても、I D T 1 4 側に、I D T 1 3 と同様に第 1 の部分が構成されており、第 1 の部分以外が第 2 の部分を構成している。また、弾性表面波フィルタ 1 2 側の I D T 1 8 ~ 2 0 についても、I D T 1 3 ~ 1 5 と同様に構成されている。

【 0 0 3 0 】

なお、図 1 及び後述の変形例や他の実施例の電極構造を示す各図においては、実際の電極指の数よりも、図示を容易とするため電極指の数は少なく図示されている。

【 0 0 3 1 】

次に、本実施例の弾性表面波フィルタ 1 の電極構造の詳細をより具体的に説明する。

いま、上記第 1 の部分の電極指ピッチで定められる表面波の波長を $\lambda I 1$ 、第 2 の部分の電極指ピッチで定められる表面波の波長を $\lambda I 2$ とする。

【 0 0 3 2 】

I D T 1 3 ~ 1 8 の電極指交差幅は、いずれも $3 5 . 8 \lambda I 2$ であり、電極膜厚は $0 . 0 8 \lambda I 2$ である。

また、I D T 1 3 ~ 1 5 の電極指の本数は以下のとおりである。

【 0 0 3 3 】

I D T 1 3 …電極指の本数 2 5 本、但し、第 1 の部分の電極指の本数は 4 本、第 2 の部分の電極指の本数が 2 1 本。

I D T 1 4 …電極指の本数 2 7 本、但し両側の第 1 の部分は、それぞれ電極指の本数が 4 本であり、中央の第 2 の部分の電極指の本数は $2 7 - 8 = 1 9$ 本である。

【 0 0 3 4 】

I D T 1 5 …電極指の本数は 2 5 本であり、第 1 の部分の電極指の本数が 4 本、第 2 の部分の電極指の本数が 2 1 本。

I D T の波長を示す上記 $\lambda I 1$ は、 $3.90 \mu m$ 、 $\lambda I 2$ は $4.19 \mu m$ である。

【 0 0 3 5 】

反射器 1 6，1 7 の電極指の本数は 1 0 0 本であり、波長 λR は $4.29 \mu m$ である。

また、第 1 の部分と第 2 の部分との間隔は、図 1 の I D T 1 3 を例にとると、電極指 1 3 c の中心と電極指 1 3 b の中心との間隔となり、この間隔が、 $0.25 \lambda I 1 + 0.25 \lambda I 2$ である。他の I D T における第 1 の部分と第 2 の部分との間隔も同じ大きさとされている。さらに、隣合う I D T 間隔、例えば I D T 1 4 と I D T 1 5 との隣合う電極指 1 4 i，1 5 a 間の中心間距離は、 $0.50 \lambda I 1$ とされている。

【 0 0 3 6 】

さらに、I D T 1 3，1 5 と、反射器 1 6，1 7 とのそれぞれの間隔、すなわち I D T の外側端部と反射器の内側端との間の相互の電極指中心間距離は $0.50 \lambda R$ である。

【 0 0 3 7 】

また、各 I D T 1 3 ～ 1 5 のデューティーは 0.73、反射器のデューティーは 0.55 である。なお、ここでデューティーとは、（電極指の幅 + 電極指間隔）に対する、電極指の幅の割合を示す。

【 0 0 3 8 】

なお、表面波フィルタ 1 2 の各 I D T 1 8 ～ 2 0 及び反射器 2 1，2 2 についても、I D T 1 3 ～ 1 5 及び反射器 1 6，1 7 と全く同様に構成されている。

本実施例は、第 1，第 2 の部分の間隔及び隣合う I D T 間隔が上記の

ように設計されていることに特徴を有する。なお、後程より詳細に説明するが、これらの間隔は、その周囲の I D T の波長の 0. 5 0 倍、また、間隔の両側で波長が異なる場合には、これらの波長の 0. 2 5 倍を加えた間隔にしておくことが、I D T の連続性を保つ上で好ましい。

【 0 0 3 9 】

比較のために、従来の相当の縦結合共振子型弾性表面波フィルタを用意した。この従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を図 2 に示す。図 2 から明らかなように、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 2 0 1 は、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 と上記のような 2 種の間隔が設けられておらず、全ての電極指間の間隔が等しいことを除いては、同様に構成されている。従って、同一部分については、上記実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各部分を示す参照番号に 2 0 0 加えた参照番号を付することにより、その詳細な説明は省略する。この比較のために用意した弾性表面波フィルタ 2 0 1 では、電極構造の詳細は以下のとおりとした。

【 0 0 4 0 】

すなわち、I D T 2 1 3 ~ 2 1 5, 2 1 6, 2 1 8 の交差幅 W は $4 3. 2 \lambda I$ とした。また、I D T の電極指の本数は、以下のとおりとした。

I D T 2 1 3, 2 1 5, 2 1 8, 2 2 0 ... 2 5 本。I D T 2 1 4, 2 1 9 ... 3 1 本。

【 0 0 4 1 】

I D T の波長 λI は、 $4. 1 7 \mu m$ 、反射器の波長 λR は $4. 2 9 \mu m$ 。反射器の電極指の本数は、それぞれ 1 0 0 本とした。

また、隣合う I D T - I D T 間の電極指中心間距離は $0. 3 2 \lambda I$ とし、反射器と反射器に隣接する I D T との電極指中心間距離は $0. 5 0 \lambda R$ とした。さらに、I D T のデューティー及び反射器のデューティーは実施例と同様とし、電極膜厚については $0. 0 8 \lambda I$ とした。

【 0 0 4 2 】

上記のようにして用意された実施例及び従来例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を測定した。結果を図 3 に示す。図 3 の実線が実施例の結果

を、破線が従来例の結果を示す。また、破線及び実線で示される各周波数特性の要部を、縦軸の右側のスケールで拡大した特性を併せて示す。

【 0 0 4 3 】

図 3 から明らかなように、本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 では、従来例に比べて、通過帯域内の挿入損失を大幅に改善し得ることがわかる。例えば、通過帯域内の最小挿入損失は、従来例では約 2.3 dB であるのに対し、本実施例では、約 1.7 dB であり、約 0.6 dB 改善していることがわかる。

【 0 0 4 4 】

また、従来例では、スルーレベルから 4.5 dB の減衰量の帯域幅は約 44 MHz であったのに対し、実施例では、スルーレベルから 3.9 dB の減衰量で同じ帯域幅が得られている。すなわち、通過帯域全体で比べた場合、実施例によれば、従来例に比べて約 0.6 dB だけ、挿入損失が改善される。

【 0 0 4 5 】

本実施例において、上記のように挿入損失を改善し得た理由は、以下のとおりである。

従来の 3 IDT タイプの縦結合共振子型弾性表面波フィルタの設計では、隣合う IDT 間の電極指中心間距離は 0.25λ I 前後とされていた。これは、インピーダンスを 50Ω から 500Ω に変更することにより明らかにされている図 4 の従来例の弾性表面波フィルタの周波数特性における矢印 A～C で示されるピークを有する 3 つの共振モードを利用して通過帯域を形成するためである。すなわち、図 5 に示す電極構造において、下方に略図的に示されている 0 次モード（図 4 の矢印 B）及び 2 次モード（図 4 の矢印 A）の他に、IDT-IDT 間隔部分に弾性表面波の強度分布のピークを持つ共振モード（図 4 の矢印 C）も利用することにより、通過帯域が形成されていた。

【 0 0 4 6 】

しかしながら、IDT-IDT 間の間隔が 0.25λ I とされているので、表面波伝搬路中に不連続部分が発生することとなっていた。不連続部分ではバルク波として放射する成分が多くなるため、伝搬損失が大きくなるという問題が生じ

る。

【0047】

従って、上記伝搬損失を小さくするには、IDT-IDT間の間隔を $0.50\lambda I$ とし、不連続部分をなくせばよいと考えられる。しかしながら、IDT-IDT間の間隔を $0.50\lambda I$ とした場合には、上記のような3つのモードを利用することができなくなり、広帯域化を図ることはできないという問題が生じる。

【0048】

本実施例は、上記2つの問題を解決するために、隣合うIDT間において、上記第1、第2の部分の設け、すなわち電極指ピッチをIDT内で部分的に変更することにより、3つの共振モードを利用して通過帯域を形成すると共に、IDT-IDT間の間隔を該間隔の両側のIDTの波長の約0.50倍とすることにより、バルク波として放射される損失を低減したことに特徴を有する。

【0049】

また、一般に、伝搬路中を伝搬している表面波の波長に対し、電極指の周期が小さい場合には、弾性表面波そのものの伝搬損失が小さくなる。従って、上記のように、第1の部分では、第2の部分に比べて電極指ピッチが小さくされているので、それによっても弾性表面波の伝搬損失が低減される。

【0050】

従って、図3に示したように、広帯域化が図られた従来例と同様の通過帯域幅を有するにもかかわらず、通過帯域内の挿入損失を従来例に比べて著しく小さくすることができる。

【0051】

本願発明者は、上記第1の部分における電極指ピッチを、第2の部分に対してどの程度小さくすれば、より良好な結果を得られるかを検討した。

すなわち、図1に示した実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの第1の部分における電極指ピッチを種々異ならせ、それによって伝搬損失がどのように変化するかを調べた。図6に結果を示す。

【0052】

図6の横軸は第1の部分の電極指ピッチの第2の部分の電極指ピッチに対する

比（これを狭ピッチ電極指のピッチ比とする）を示し、縦軸は伝搬損失を示す。
 なお、図 6 における伝搬損失とは、通過帯域内の挿入損失からインピーダンスの不整合による損失及び電極指の抵抗分によるオーミック損失を差し引いた値である。

【 0 0 5 3 】

なお、図 6 の結果を得るにあたっては、電極指ピッチが狭い電極指の本数を 8 本、12 本及び 18 本と異ならせた場合の結果を示す。ここで、電極指ピッチが狭い電極指の本数とは、IDT 13～15 を例にとると、IDT 13 の第 1 の部分の電極指の本数（図 1 では 2 本が図示されている）と、IDT 14 の IDT 13 側の第 1 の部分の狭ピッチの電極指の本数（図 1 では 2 本）の合計をいうものとし、この場合図 1 では 4 本が図示されているが、上記のように 8 本、12 本あるいは 18 本とした。

【 0 0 5 4 】

同様に、IDT 15 と、IDT 14 とが隣合う部分では、電極指ピッチの狭い電極指の本数の合計は、図 1 では 4 本と図示されているが、これについても、上記のように 8 本、12 本及び 18 本とした。すなわち、図 1 は、上記電極指ピッチが狭い電極指の本数が 4 本である設計を図示していることになる。以下の説明において、「狭ピッチ電極指の本数」とは、上記のようにして定義された値であることを意味する。

【 0 0 5 5 】

図 6 から明らかなように、狭ピッチ電極指のピッチ比が 0.95 付近において、どの狭ピッチ電極指の本数の場合にも、伝搬損失が最も小さくなることがわかる。この伝搬損失の改善分は、バルク波として放射する損失が低減した分と、電極指ピッチを小さくしたことによる弾性表面波の伝搬損失が低減した分との合計と考えられる。

【 0 0 5 6 】

すなわち、帯域内挿入損失を小さくするには、上記狭ピッチ電極指のピッチ比をこの程度の値にするのが好ましいことがわかる。

次に、従来例に対して伝搬損失が小さくなる範囲を確かめた。従来法における

設計では、伝搬損失が約 1.9 dB であった。これに対して、後程説明するが、本実施例では、狭ピッチ電極指の本数は 18 本以下にすることが好ましい。

【0057】

図 6 から明らかなように、伝搬損失の低減効果が見られる範囲は、狭ピッチ電極指のピッチ比が 0.83 ~ 0.99 の範囲であることがわかる。もっとも、狭ピッチ電極指のピッチ比が 0.83 未満でも、条件によっては伝搬損失が小さくなっているが、電極の加工精度に制約があることを考えれば、0.83 ~ 0.99 付近が好ましいことがわかる。

【0058】

次に、狭ピッチ電極指の本数の好ましい範囲を確認した。図 7 は、狭ピッチ電極指の本数を、8 本及び 12 本としたときの、それぞれにおける通過帯域内のインピーダンス整合を図るように、各設計パラメータを調整した場合の反射特性を示す。図 7 (a) が、狭ピッチ電極指の本数が 8 本の場合を示し、図 7 (b) が狭ピッチ電極指の本数が 12 本の場合を示す。

【0059】

狭ピッチ電極指の本数を多くすると、インピーダンスの集中度が悪くなる傾向にあり、すなわち VSWR が悪化する傾向にある。そこで、上記実施例の設計を基本とし、狭ピッチ電極指の本数を変化した場合の VSWR の変化を測定した。結果を図 8 に示す。

【0060】

なお、図 8 における VSWR の値は、それぞれの狭ピッチ電極指の本数において、通過帯域内のインピーダンス整合を図るように、交差幅及び狭ピッチ電極指におけるピッチなどを変化させた場合の値である。一般に、VSWR の値は 2.5 以下とすることが望まれている。

【0061】

図 8 において、VSWR が 2.5 以下である範囲は、狭ピッチ電極指の本数が 18 本以下である。すなわち、狭ピッチ電極指の本数を 18 本以下とすることが好ましく、それによってインピーダンスの集中度が高くなり、VSWR の小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタの得られることがわかる。

【 0 0 6 2 】

なお、本実施例では、 36° YカットX伝搬 LiTaO_3 基板を用いたが、他の結晶方位の LiTaO_3 基板や LiNbO_3 基板などを用いてもよく、例えば、 $36 \sim 44^\circ$ YカットX伝搬 LiTaO_3 基板、 $64 \sim 72^\circ$ YカットX伝搬 LiNbO_3 基板、 41° YカットX伝搬 LiNbO_3 基板などのリーキー波を用いる圧電基板において特に大きな効果を得ることができる。

【 0 0 6 3 】

また、本実施例では、3 IDT型縦結合共振子型弾性表面波フィルタが2段縦続接続されていたが、図9に示すように、1段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ31においても、本実施例と同様に構成することにより、本発明の効果を得ることができる。さらに、3個のIDTを有するものに限定されず、例えば図10に示す縦結合共振子型弾性表面波フィルタ32のように、5個のIDT33～37を有するものにも、本発明を適用することにより、本発明の効果を得ることができる。

【 0 0 6 4 】

すなわち、本発明においては、縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおけるIDTの数は、3個に限らず、5個以上であってもよく、並びに、縦結合共振子型弾性表面波フィルタは複数段構成を有するものに限定されない。

【 0 0 6 5 】

(第2の実施例)

図11は、本発明の第2の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【 0 0 6 6 】

第2の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ41は、表面波伝搬方向中央に配置されたIDT14, 19の位相が反転されていることを除いては、第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1と全く同様に構成されている。

【 0 0 6 7 】

すなわち、第1の実施例では、隣合うIDTの隣合う電極指はアース電位に接続されていたのに対し、第2の実施例では、IDT14, 19の最外側の電極指

がアース電位ではなく、入出力端に接続されている。従って、隣合う I D T 間において、シグナル電極である電極指と外側の I D T のアース電位に接続される電極指とが隣合っていることになる。

【 0 0 6 8 】

より具体的には、図 1 1 において、I D T 1 3, 1 5 の I D T 1 4 側端部の電極指 1 3 a, 1 5 a がアース電位に接続されているのに対し、電極指 1 3 a, 1 5 a と隣合っている I D T 1 4 の電極指 1 4 a, 1 4 i が入力端に接続されている。すなわち、隣合う I D T 間において、隣合う電極指の極性が反転されている。弾性表面波フィルタ 1 2 においても同様に構成されている。

【 0 0 6 9 】

従って、第 2 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、隣合う I D T 間の隣合う電極指の極性が反転されている縦結合共振子型弾性表面波フィルタを 2 段縦続接続した構成を有する。

【 0 0 7 0 】

図 1 2 に、第 2 の実施例の弾性表面波フィルタ 4 1 と、第 1 の実施例の弾性表面波フィルタ 1 の共振モードの違いを示す。ここでは、入出力インピーダンスを 5 0 Ω から 5 0 0 Ω に変えて共振モードを確認した結果が示されている。

【 0 0 7 1 】

図 1 2 において、実線が第 2 の実施例の結果を、破線が第 1 の実施例についての結果を示す。

図 1 2 の D は、I D T - I D T 間隔に弾性表面波の強度分布のピークを有する定在波の共振モードを示し、E が 0 次モード、G が 2 次モードであり、F は 2 段縦続接続により発生したモードである。

【 0 0 7 2 】

第 1 の実施例と第 2 の実施例の大きな相違点は、第 2 の実施例においては、矢印 D で示す共振モードのレベルが大きくなっていることである。

第 1 の実施例では、隣合う I D T 同士の隣合う電極指がアース電位に接続されているので、I D T - I D T 間の弾性表面波を電流に変換することができない。その結果、I D T - I D T 間隔部に強度のピークを有する共振モード D の電流へ

の変換効率が低下する。

【0073】

これに対して、第2の実施例では、隣合うIDT同士の隣接する電極指の極性が反転されているので、IDT-IDT間隔部でも弾性表面波が電気信号に変換される。従って、上記共振モードDの電流への変換効率が高められる。

【0074】

図13は、第2の実施例及び第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性及び縦軸の挿入損失を右側のスケールで拡大した各周波数特性を示す。なお、図13の第2の実施例（実線）の周波数特性は、モードの周波数、及びレベルが変化した分によるインピーダンスのずれを補正するために、第1の実施例における設計条件から、交差幅を $33.4\lambda/2$ 、狭ピッチ電極指の波長を $3.88\mu\text{m}$ に変更することにより得られたものである。

【0075】

図13から明らかなように、第2の実施例によれば、第1の実施例（破線）に比べて、さらに通過帯域内の挿入損失を改善することができ、通過帯域幅も広がっていることがわかる。従って、隣合うIDT間の隣合う電極指の極性を反転させることが好ましく、それによって、より一層挿入損失が小さくかつ通過帯域幅の広い縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することができる。

【0076】

なお、第2の実施例の効果は、2段縦続接続した縦結合共振子型弾性表面波フィルタ11、12の一方のみにおいて、上記のようにIDT間の隣合う電極指の極性を反転させた場合においても得ることができる。

【0077】

（第3の実施例）

図14は、本発明の第3の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【0078】

第3の実施例の弾性表面波フィルタ51では、第1の実施例と、狭ピッチ電極指の本数は異ならないが、IDT13の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数と、

I D T 1 4 の I D T 1 3 側の第 1 の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されており、かつ I D T 1 5 の第 1 の部分の狭ピッチ電極指の本数と、I D T 1 4 の I D T 1 5 側の第 1 の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されている。その他の点については、第 1 の実施例と同様に構成されているので、同一部分については、同一の参照番号を付することにより、第 1 の実施例の説明を援用することとする。第 1 の実施例と異なる点をより具体的に説明する。本実施例では、弾性表面波フィルタ 1 2 の I D T 1 3 ~ 1 5 の電極指の本数は以下のとおりである。

【 0 0 7 9 】

I D T 1 3 … 2 5 本、但し第 1 の部分の電極指の本数が 5 本、第 2 の部分の電極指の本数が 2 0 本。

I D T 2 4 … 電極指の本数 2 7 本、但し、両側の第 1 の部分は、それぞれ狭ピッチ電極指を 3 本有し、中央の第 2 の部分は 2 1 本の電極指を有する。

【 0 0 8 0 】

I D T 1 5 … 2 5 本、但し第 1 の部分の電極指の本数は 5 本、第 2 の部分の電極指の本数は 2 0 本。

また、本実施例においても、弾性表面波フィルタ 1 1, 1 2 は同様に構成されている。なお、図 1 4 では、図示を簡略化するために、電極指の本数は減らされて図示されている。すなわち、図 1 4 では、I D T 1 4 においては、狭ピッチ電極指は左右 1 本ずつ設けられており、かつ I D T 1 3, 1 5 の第 1 の部分では、狭ピッチ電極指の数は 3 本であるかのように図示されている。

【 0 0 8 1 】

本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 5 1 の反射特性を図 1 5 (b) に示す。また、比較のために、第 1 の実施例の弾性表面波フィルタにおける反射特性を図 1 5 (a) に示す。

【 0 0 8 2 】

第 3 の実施例では、隣合う I D T 間の両側の第 1 の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されており、さらにインピーダンスを $50\ \Omega$ に整合するために、電極指交差幅は $47.7\ \lambda$ とされている。

【 0 0 8 3 】

図 1 4 から明らかなように、第 3 の実施例では、第 1 の実施例に比べてインピーダンス集中度が悪化していることがわかる。

また、逆に I D T 1 4 の狭ピッチ電極指の本数を、増加させた場合の反射特性を図 1 5 (c) に示す。この場合の変更点は、第 3 の実施例において、中央に配置される I D T 1 4 , 1 9 の電極指の総本数を 2 7 本とし、両側の第 1 の部分の電極指の本数をそれぞれ 5 本とし、中央の第 2 の部分の電極指の本数を 1 7 本とされていること、並びに交差幅が $2 8 . 6 \lambda / 2$ とされていることにある。図 1 5 (c) から明らかなように、この場合には、インピーダンス集中度は、第 1 の実施例に比べて高められるが、インピーダンスが全体的に容量性になることがわかる。

【 0 0 8 4 】

第 3 の実施例及び図 1 5 (c) に示した反射特性を有する変形例では、E G S M 方式の受信段の帯域フィルタには必ずしも好適なものではないが、他の用途では上記第 3 の実施例及び変形例が有効であることがある。例えば、図 1 5 (b) に示すように、インピーダンス集中度が悪化した場合、V S W R が悪化する傾向が見られるが、通過帯域幅は広がる傾向にある。

【 0 0 8 5 】

すなわち、図 1 6 (a) 及び (b) の実線は、上記第 3 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの減衰量周波数特性及び V S W R 特性を示す図である。比較のために、図 1 6 (a) 及び (b) に、破線により、第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1 の周波数特性及び V S W R 特性を示す。

【 0 0 8 6 】

図 1 6 から明らかなように、第 3 の実施例によれば、第 1 の実施例の場合に比べて、V S W R は約 0 . 2 悪化しているが、スルーレベルから 4 d B における通過帯域幅は約 1 . 5 M H z 広がっていることがわかる。この場合、通過帯域内の挿入損失レベルはほとんど変わっておらず、従って低損失を維持したまま広帯域化し得ることがわかる。

【 0 0 8 7 】

すなわち、第3の実施例によれば、VSWRが多少悪化したとしても、通過帯域内における損失の低減及び通過帯域幅の拡大が要求される用途に好適な縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供し得ることがわかる。

【0088】

次に、図15(c)に示したように、インピーダンス集中度は良好であるが、インピーダンスが容量性となった場合に有効な例を、説明する。

図17(a)及び(b)は、上記変形例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性及びVSWR特性を実線で示す。比較のために、破線により第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性及びVSWR特性を示す。なお、図17の結果を得た変形例では、電極指交差幅は $31.0\lambda I2$ とし、中央のIDT14, 19の電極指の総本数は37本、該IDT14, 19の両側の第1の部分の電極指の本数は各5本、中央の第2の部分の電極指の本数は27本とした。また、IDTの波長 $\lambda I1$ は $3.88\mu m$ である。その他の点については第1の実施例と同様とした。

【0089】

図17から明らかなように、上記変形例では、第1の実施例の弾性表面波フィルタ11に比べて、スルーレベルから4dBにおける通過帯域幅が約3.5MHz狭くなっているが、VSWRは約0.7だけ改善している。この場合、通過帯域内の挿入損失レベルはほとんど変わっておらず、従って低損失を維持したまま、VSWRが改善される。すなわち、通過帯域幅が狭くとも、通過帯域内の損失の低減及びVSWRの低減が要求される用途に有効な縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供し得ることがわかる。

【0090】

上記のように、第3の実施例のように、第1の部分の電極指、すなわち狭ピッチ電極指の本数のバランスを変えることにより、通過帯域内の挿入損失の低減を図ったまま、様々な用途に応じたバンドパスフィルタを容易に提供し得ることがわかる。

【0091】

(第4の実施例)

図 1 8 (a) 及び (b) は、第 4 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを説明するための模式的平面図及び電極指と交差する方向に沿う模式的断面図である。図 1 8 (b) は、図 1 8 (a) の一点鎖線 X, X 間の模式的断面図である。図 1 8 (a) に示す電極構造は、図 1 に示した第 1 の実施例と全く同様である。

【0092】

従って、同一部分については、同一の参照番号を付することとする。本実施例の特徴は、図 1 8 (b) に明瞭に表れている。すなわち、IDT 1 9, 2 0 及び反射器 2 2 が設けられている部分を代表して示すように、狭ピッチ電極指の膜厚が、他の電極指や反射器の電極の膜厚よりも薄くされている。すなわち、図 1 8 (b) に示すように、IDT 1 9 の IDT 2 0 側の第 1 の部分の電極指 1 9 f, 1 9 g 及び IDT 2 0 の IDT 1 9 側の第 1 の部分の電極指 2 0 a, 2 0 b の膜厚が、残りの電極指や反射器 2 2 の電極指の膜厚よりも薄くされている。同様に、図 1 8 (a) に示す隣合う IDT 間の部分においても、両側の狭ピッチ電極指の膜厚は、残りの電極指の膜厚よりも薄くされている。より具体的には、本実施例では、狭ピッチ電極指の電極の膜厚が、 $0.06\lambda I 2$ とされており、残りの電極指の膜厚は $0.08\lambda I 2$ とされている。

【0093】

また、本実施例では、狭ピッチ電極指の膜厚を薄くしたため、第 1 の実施例と、電極指交差幅が $38.2\lambda I 2$ 及び $\lambda I 1 = 3.93\mu m$ となるように設計が変更されている。その他の点については第 1 の実施例と同様である。

【0094】

第 4 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を図 1 9 に実線で示す。比較のために、第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 の周波数特性を破線で示す。

【0095】

図 1 9 から明らかなように、第 1 の実施例に比べて、第 4 の実施例によれば、通過帯域内における挿入損失がさらに改善される。一般に、リーキー波を用いる弾性表面波フィルタでは、A 1 からなる電極の膜厚を薄くすることにより、バル

ク波の放射による損失が小さくなる傾向がある。しかしながら、電極の膜厚を薄くすると、電気機械結合係数が小さくなることと、及び反射器のストップバンド幅が狭くなることなどにより、広帯域化を図れないという問題があった。

【 0 0 9 6 】

第 4 の実施例では、この問題を解決するために、バルク波の放射が最も生じ易い IDT-IDT 間、すなわち狭ピッチ電極指が設けられている部分において電極指の膜厚を薄くしている。これによって、広帯域幅を維持したまま、バルク波の放射による損失を低減でき、良好な特性が得られる。

【 0 0 9 7 】

(第 5 の実施例)

図 2 0 は、第 5 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【 0 0 9 8 】

本実施例の特徴は、狭ピッチ電極指が分割電極指 $1\ 3\ f_1$, $1\ 3\ f_2$ に代表されるようなスプリット電極により構成されている。その他の点については、第 1 の実施例とほぼ同様である。変更した点のみを以下に記載する。

【 0 0 9 9 】

すなわち、第 5 の実施例では、電極指交差幅は $3\ 5.7\ \lambda_{I2}$ 、IDT の波長 λ_{I2} が $4.20\ \mu\text{m}$ 、 λ_{I1} が $4.04\ \mu\text{m}$ とされている。

図 2 1 には、第 5 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性が実線で示されている。破線は、第 1 の実施例で示した従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す。

【 0 1 0 0 】

図 2 1 から明らかなように、第 5 の実施例においても、従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタに比べて通過帯域内における挿入損失を改善し得ることがわかる。

【 0 1 0 1 】

従って、本発明においては、狭ピッチ電極指については、複数本、通常は 2 本の分割電極指からなるスプリット電極を用いて構成してもよいことがわかる。

(第 6 の実施例)

第 6 の実施例は、回路構成自体は第 1 の実施例と全く同様である。従って、第 1 の実施例について行った説明を援用することにより、その詳細な説明は省略する。

【 0 1 0 2 】

第 6 の実施例が第 1 の実施例と異なる点は、弾性表面波フィルタ 1 2 の I D T 1 8 ~ 2 0 における第 1 の部分の電極指、すなわち狭ピッチ電極指の波長が 3 . 8 8 μ m とされている。その他の点については第 1 の実施例と同様である。

【 0 1 0 3 】

すなわち、第 6 の実施例では、図 1 に示した 2 段縦続接続されている縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1 , 1 2 において、狭ピッチ電極指の波長が異ならされている。

【 0 1 0 4 】

図 2 2 に、実線で第 6 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を、破線で第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す。

【 0 1 0 5 】

図 2 2 から明らかなように、第 6 の実施例によれば、第 1 の実施例に比べて通過帯域幅を拡大し得ることがわかる。この場合、V S W R の値は、第 1 , 第 6 の実施例のいずれにおいても約 2 . 0 であった。従って、第 6 の実施例によれば、V S W R を悪化させることなく、通過帯域幅を拡大し得る。

【 0 1 0 6 】

このように、複数の弾性表面波フィルタを縦続接続する場合、各段の弾性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成を異ならせることにより、すなわち少なくとも 1 つの段の弾性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成を残りの段の弾性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成と異ならせることにより、通過帯域幅を広げ得ることがわかる。

【 0 1 0 7 】

(第 7 の実施例)

図 2 3 は、第 7 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 6 1 の電極構造を示す模式的平面図である。本実施例では、図 9 に示した縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 3 1 の変形例に相当する。すなわち、1 段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 3 1 の中央の I D T 1 4 と入力端との間に直列共振子としての弾性表面波共振子 6 2 が直列に接続されている。

【 0 1 0 8 】

本実施例のように、本発明においては縦結合共振子型弾性表面波フィルタに直列に弾性表面波共振子が接続されてもよい。

従来より、縦結合共振子型弾性表面波フィルタに直列に弾性表面波共振子を接続することにより、通過帯域外減衰量の拡大を図り得ることが知られている。しかしながら、通過帯域外減衰量は増大するものの、通過帯域内における挿入損失が大きくなるという問題があった。

【 0 1 0 9 】

これに対して、本実施例では、本発明に従って構成された上記縦結合共振子型弾性表面波フィルタを用いているため、挿入損失の悪化は小さくなる。すなわち、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 3 1 に弾性表面波共振子 6 2 を直列接続することにより、通過帯域内の挿入損失の低減を図りつつ、通過帯域外の減衰量を拡大することができ、良好なフィルタ特性を得ることができる。

【 0 1 1 0 】

同様に、本発明の縦結合共振子型弾性表面波フィルタでは、通過帯域内の挿入損失を低減し得るので、本発明に従って構成された縦結合共振子型弾性表面波フィルタに並列に弾性表面波共振子を接続してもよく、その場合には、通過帯域内における挿入損失の低減を図りつつ、通過帯域外減衰量の拡大を図ることができる。

【 0 1 1 1 】

また、直列接続された弾性表面波共振子と並列接続された弾性表面波共振子の双方を有していてもよい。

(第 8 の実施例)

図 2 4 は、第 8 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造

を示す模式的平面図である。第 8 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 7 1 は、図 9 に示した縦結合共振子型弾性表面波フィルタと同様の電極構造を有する。異なるところは、図 9 に示した弾性表面波フィルタでは、アンバランス入力-アンバランス出力とされていたのに対し、本実施例では、中央の I D T の一端が入力端に接続されているだけでなく、他端からも信号を取り出せるように端子 7 2 が設けられている。

【 0 1 1 2 】

近年、縦結合共振子型弾性表面波フィルタでは、平衡-不平衡変換機能を持たせることが求められている。図 2 4 に示した第 8 の実施例では、端子 7 3 を入力端子、端子 7 2, 7 4 を出力端子とすることにより、不平衡入力-平衡出力タイプのフィルタを構成することができる。逆に、端子 7 2, 7 4 を入力端子、端子 7 3 を出力端子とすれば、平衡入力-不平衡出力タイプのフィルタを構成することができる。従って、通過帯域内の挿入損失が小さい、平衡-不平衡変換機能を有する弾性表面波フィルタを提供することができる。このような平衡-不平衡変換機能を有する弾性表面波フィルタの変形例を、図 2 5 ~ 図 3 0 に示す。

【 0 1 1 3 】

図 2 5 に示す縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 8 1 では、外側の I D T 1 3, 1 5 が平衡入出力を取り出し得るように構成されており、中央の I D T 1 4 が不平衡入出力端子 8 2 に接続されている。

【 0 1 1 4 】

図 2 6 に示す縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 8 5 では、I D T 1 3, 1 5 の位相が逆転されて、平衡-不平衡変換機能が実現されている。

さらに、図 2 7 に示す縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 8 6 では、2 段縦続接続されている弾性表面波フィルタ 1 1, 1 2 において、I D T 1 8, 2 0 の位相が反転されており、I D T 1 9 からバランス信号を取り出し得るように I D T 1 9 に端子 8 7, 8 8 が接続されている。

【 0 1 1 5 】

図 2 8 に示す縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 9 1 では、2 段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1, 1 2 において、バランス端子を取り出す側の弾性

表面波フィルタ 1 2 が、交差幅が弾性表面波フィルタ 1 1 の半分である 2 個の弾性表面波フィルタ 9 2, 9 3 に分割されており、かつ弾性表面波フィルタ 9 2, 9 3 の位相が反転されている。

【0 1 1 6】

さらに、図 2 9 に示すように、2 段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1, 1 2 を有する構成において、第 2 の弾性表面波フィルタ 1 2 を縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 9 6, 9 7 に分割し、かつ第 1 の弾性表面波フィルタ 1 1 の I D T 1 3, 1 5 の位相を反転させることにより、平衡－不平衡変換機能が持たされている。

【0 1 1 7】

図 3 0 に示す縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 0 1 では、2 段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタのそれぞれが交差幅を半分にして分割して並列接続されている。すなわち、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1 が、2 つの縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1 A, 1 1 B に分割されており、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 2 が、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 2 A, 1 2 B に分割されている。

【0 1 1 8】

このうち 1 組の弾性表面波フィルタの位相を反転させるようにして、平衡－不平衡変換機能が持たされている。

すなわち、図 2 5 ～図 3 0 に示したように、様々な構造により、第 8 の実施例と同様に、挿入損失を低減しつつ、平衡－不平衡変換機能を有する弾性表面波フィルタを提供することができる。

【0 1 1 9】

(第 9 の実施例)

図 3 1 は、本発明の第 9 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1 1 1 は、図 8 に示した縦結合共振子型弾性表面波フィルタと電極構造は同一である。異なるところは、全ての I D T 1 3 ～1 5 の端部から信号を取り出し得るように、端子 1 1 2 ～1 1 5 が設けられていることにある。

【 0 1 2 0 】

ここでは、端子 1 1 2, 1 1 3 と、端子 1 1 4, 1 1 5 のそれぞれからバランス信号を得ることができるので、平衡入力ー平衡出力の弾性表面波フィルタを得ることができる。本実施例においても、本発明に従って縦結合共振子型弾性表面波フィルタが構成されているので、通過帯域内の挿入損失が小さい、平衡入出力タイプの弾性表面波フィルタを提供することができる。

【 0 1 2 1 】

【発明の効果】

本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタでは、少なくとも 3 つの I D T のうち少なくとも 1 つの I D T が、表面波伝搬方向に隣接している他の I D T 端部から一部分である第 1 の部分の電極指の周期が、残りの部分である第 2 の部分の電極指の周期と異なるように構成されているので、通過帯域幅の拡大を図り得るだけでなく、通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

【 0 1 2 2 】

従って、広帯域であり、かつ通過帯域内の損失が小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することができる。

第 1 の部分の電極指の周期が、第 2 の部分の電極指の周期よりも小さい場合には、表面波の伝搬損失を低減することができ、通過帯域内における挿入損失をより小さくすることができる。

【 0 1 2 3 】

特に、第 1 の部分の電極指の周期が第 2 の部分の電極指の周期の $0.82 \sim 0.99$ 倍の場合には、表面波の伝搬損失をより一層小さくすることができる。

一对の I D T の隣合う電極指中心間距離が $0.5 \lambda_{I1}$ に略一致されている場合には、バルク波として放射する損失を低減することができ、挿入損失をより一層低減することができる。

【 0 1 2 4 】

隣合う一对の I D T の一方のみが、第 1 の部分及び第 2 の部分を有するように構成されている場合に、一对の I D T の隣合う電極指中心間距離が、 $0.25 \lambda_{I1} + 0.25 \lambda_{I2}$ に略一致されている場合には、同様に、バルク波として放

射する損失を低減することができ、通過帯域内の挿入損失をより一層低減することができる。

【 0 1 2 5 】

第 1 の部分の電極指と第 2 の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25\lambda I_1 + 0.25\lambda I_2$ に略一致している場合には、同様にバルク波として放射する損失を低減することができ、より一層通過帯域内における挿入損失を低減することができる。

【 0 1 2 6 】

第 1, 第 2 の部分を有する IDT と、該 IDT に隣接する IDT との隣合う電極指の極性が異なる場合には、IDT-IDT 間においても弾性表面波が電気信号に変換され、それによって共振モードの電流への変換効率が高められ、通過帯域内における挿入損失をより一層改善することができ、かつ通過帯域幅も拡大することができる。

【 0 1 2 7 】

隣合う一对の IDT の隣合っている部分の両側において、第 1 の部分の電極指の合計の本数が 18 本以下の場合には、インピーダンス集中度が高められ、VSWR の小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することができる。

【 0 1 2 8 】

表面波伝搬方向において隣合う一对の IDT の双方が第 1, 第 2 の部分を有し、双方の IDT における第 1 の部分の電極指の本数が異なる場合には、インピーダンス集中度は悪化し、VSWR が悪化するものの、通過帯域幅のより一層の拡大を図ることができる。

【 0 1 2 9 】

圧電基板として、 LiTaO_3 単結晶を X 軸を中心に Y 軸方向に $36 \sim 44^\circ$ の範囲で回転させたものを用いた場合には、本発明に従って通過帯域幅が広く、かつ通過帯域内における挿入損失が小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタを容易に得ることができる。

【 0 1 3 0 】

第 1 の部分の電極指の膜厚が第 2 の部分の電極指の膜厚と異なる場合には、電

極膜厚を調整することにより、バルク波の放射による損失を低減することができる。特に、第 1 の部分の電極指の膜厚が第 2 の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている場合、バルク波の放射が最も発生する I D T - I D T 間の間隔において、バルク波放射による損失を低減することができるので、広帯域幅を維持したまま、挿入損失をより一層低減することができる。

【 0 1 3 1 】

複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタが縦続接続されている構成において、少なくとも 1 つの段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第 1 の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第 1 の部分の電極指の周期と異なる場合には、V S W R の悪化を招くことなく、通過帯域幅をより一層広げることが可能となる。

【 0 1 3 2 】

特に、複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各段において、上記第 1 の部分の電極指の周期が異ならされている場合、効果的に通過帯域幅を広げることができる。

【 0 1 3 3 】

少なくとも 1 つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている場合には、本発明に従って通過帯域内の挿入損失を低減し得るだけでなく、通過帯域外の減衰量の拡大を図ることができる。

【 0 1 3 4 】

本発明の縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、平衡－不平衡入出力を有するように構成されてもよく、平衡－平衡入出力を有するように構成されていてもよい。

【 0 1 3 5 】

すなわち、用途に応じて、様々な入出力形式の縦結合共振子型弾性表面波フィルタを容易に提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの略図的平面

図。

【図 2】

従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図 3】

第 1 の実施例及び従来例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す図。

【図 4】

従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す図。

【図 5】

従来の 3 I D T タイプの縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造と共振モードとの関係を説明するための模式図。

【図 6】

第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの第 1 の部分における電極指ピッチの第 2 の部分の電極指ピッチに対する比と、伝搬損失の関係を示す図。

【図 7】

(a) 及び (b) は、第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける狭ピッチ電極指の本数が 8 本の場合及び 1 2 本の場合の各反射特性を示す図。

【図 8】

第 1 の実施例において、狭ピッチ電極指の本数を変化させた場合の V S W R の変化を示す図。

【図 9】

第 1 の実施例の変形例に係る 1 段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図 1 0】

第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの他の変形例の電極構造を示す模式的平面図。

【図 1 1】

第 2 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式

的平面図。

【図 1 2】

第 2 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの共振モードと、第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの共振モードの相違を説明するための図。

【図 1 3】

第 2 の実施例及び第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す図。

【図 1 4】

第 3 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図 1 5】

(a) ～ (c) は、それぞれ、第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ、第 3 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ及び第 3 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける狭ピッチ電極指の本数のバランスを変えた構造の反射特性を示す図。

【図 1 6】

(a) 及び (b) は、第 3 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタ及び第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性及び V S W R 特性を示す図。

【図 1 7】

(a) 及び (b) は、図 1 5 (c) に示した変形例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性及び V S W R 特性を示す図。

【図 1 8】

(a) 及び (b) は、第 4 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図及び電極指と交差する方向に沿う要部断面図。

【図 1 9】

第 4 の実施例と第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す図。

【図 2 0】

第 5 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図 2 1】

第 5 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタ及び従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す図。

【図 2 2】

第 6 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性及び第 1 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの周波数特性を示す図。

【図 2 3】

第 7 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図 2 4】

第 8 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図 2 5】

第 8 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの変形例を示す模式的平面図。

【図 2 6】

第 8 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図 2 7】

第 8 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタのさらに他の変形例を示す模式的平面図。

【図 2 8】

第 8 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図 2 9】

第 8 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタのさらに他の変形例を説明

するための模式的平面図。

【図 3 0】

第 8 の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタのさらに他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図 3 1】

第 9 の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【符号の説明】

1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

2 …圧電基板

1 1, 1 2, 1 1 A, 1 1 B, 1 2 A, 1 2 B …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

1 3 ~ 1 5 … I D T

1 3 a ~ 1 3 h …電極指

1 3 f₁, 1 3 f₂ …分割電極指

1 4 a ~ 1 4 i …電極指

1 5 a …電極指

1 6, 1 7 …反射器

1 8 ~ 2 0 … I D T

1 9 f, 1 9 g …電極指

2 0 a ~ 2 0 h …電極指

2 1, 2 2 …反射器

3 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

3 2 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

3 3 ~ 3 7 … I D T

4 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

5 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

6 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

6 2 …弾性表面波共振子

7 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

7 2 ～ 7 4 …端子

8 1, 8 5, 8 6, 9 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

8 7, 8 8 …端子

9 2, 9 3, 9 6, 9 7 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

1 0 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

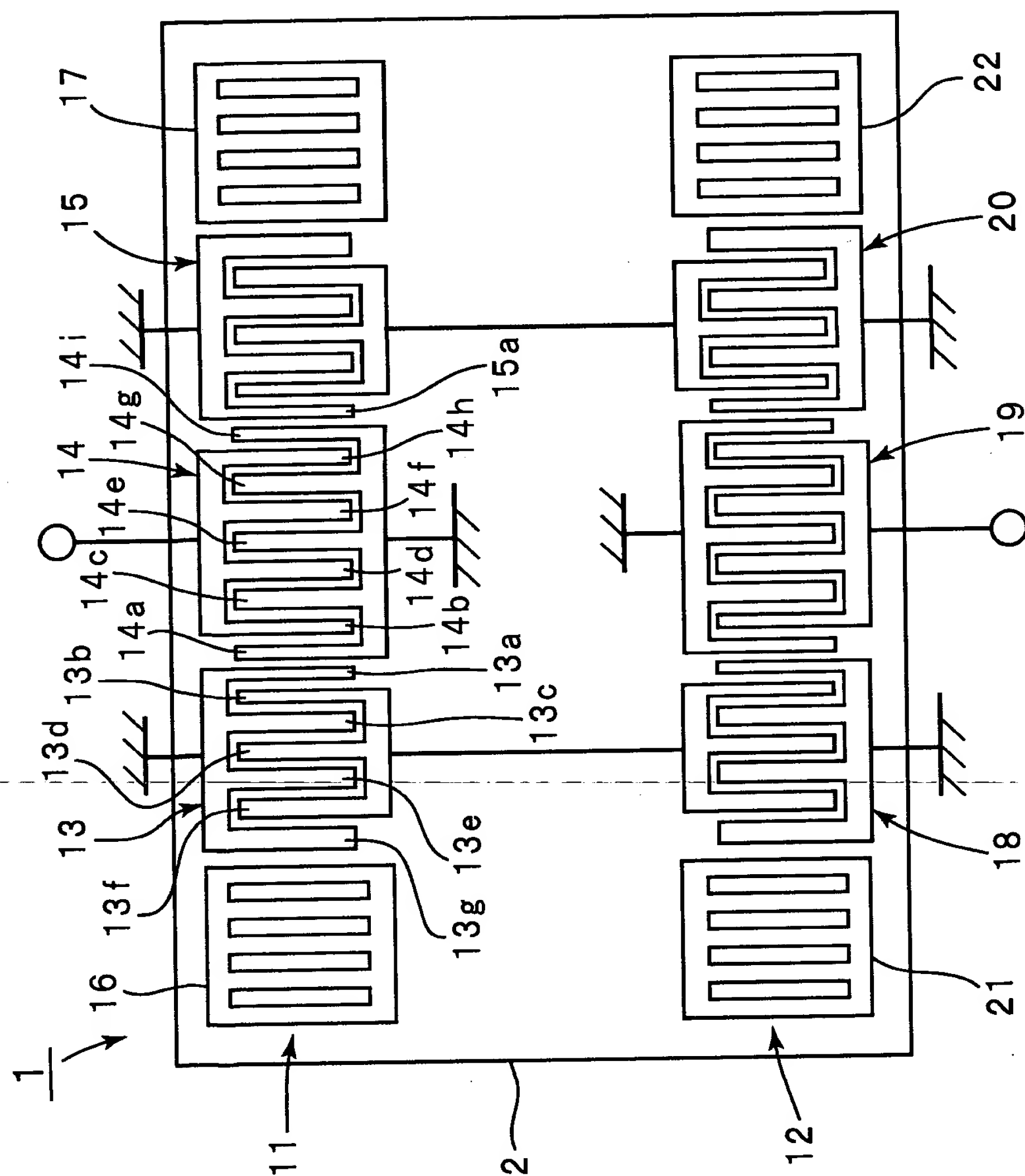
1 1 1 …縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

1 1 2 ～ 1 1 5 …端子

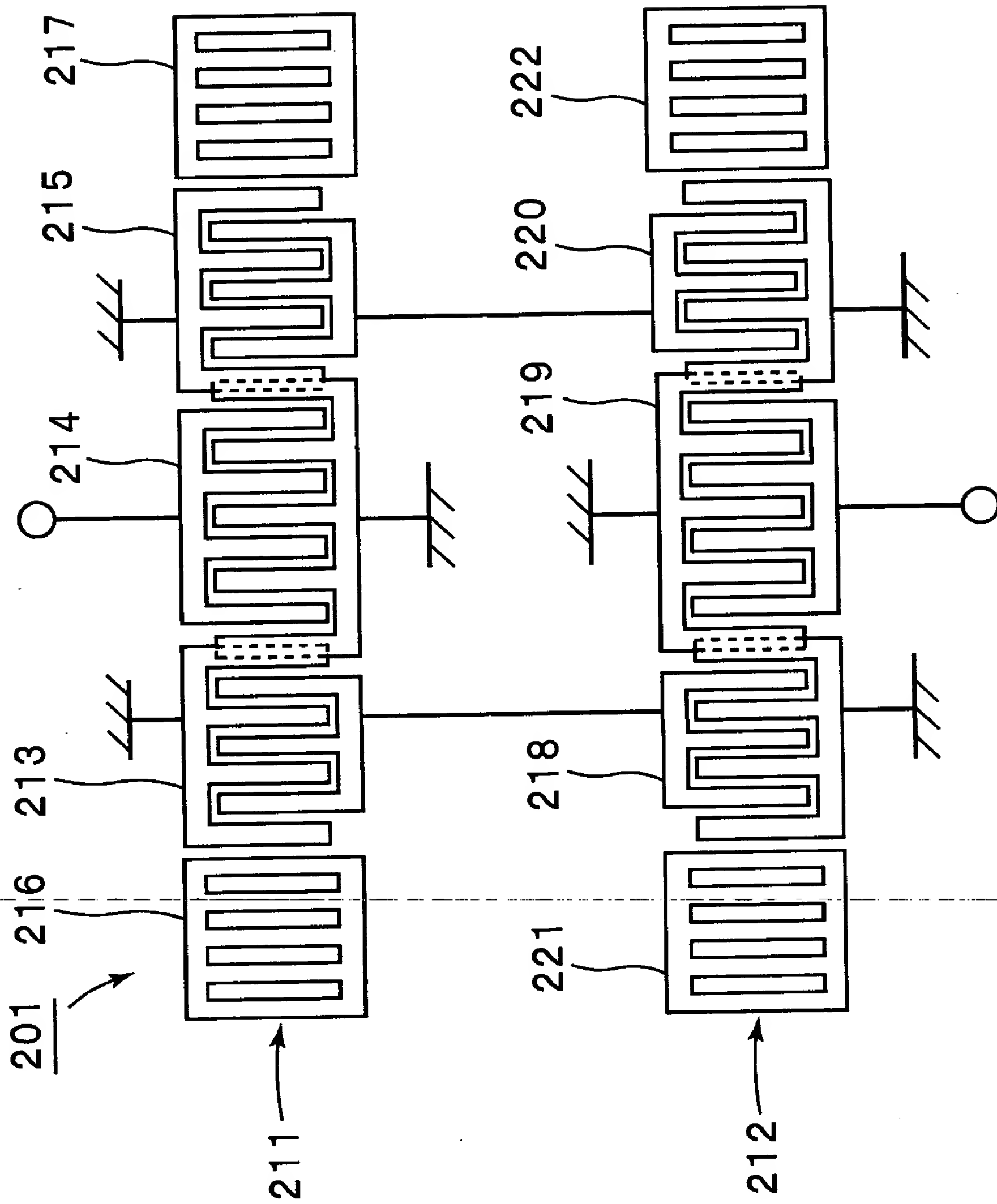
【書類名】

図面

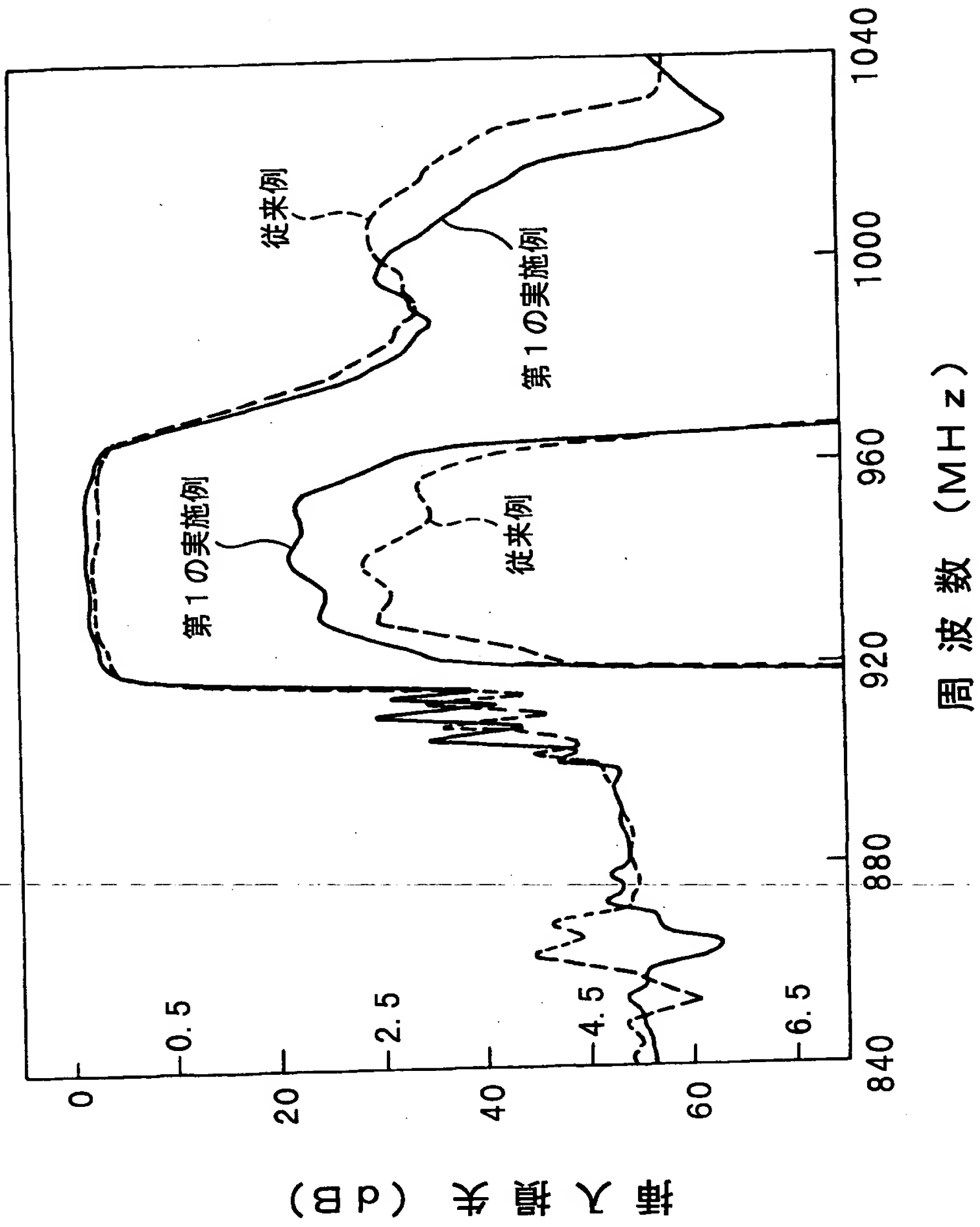
【図 1】



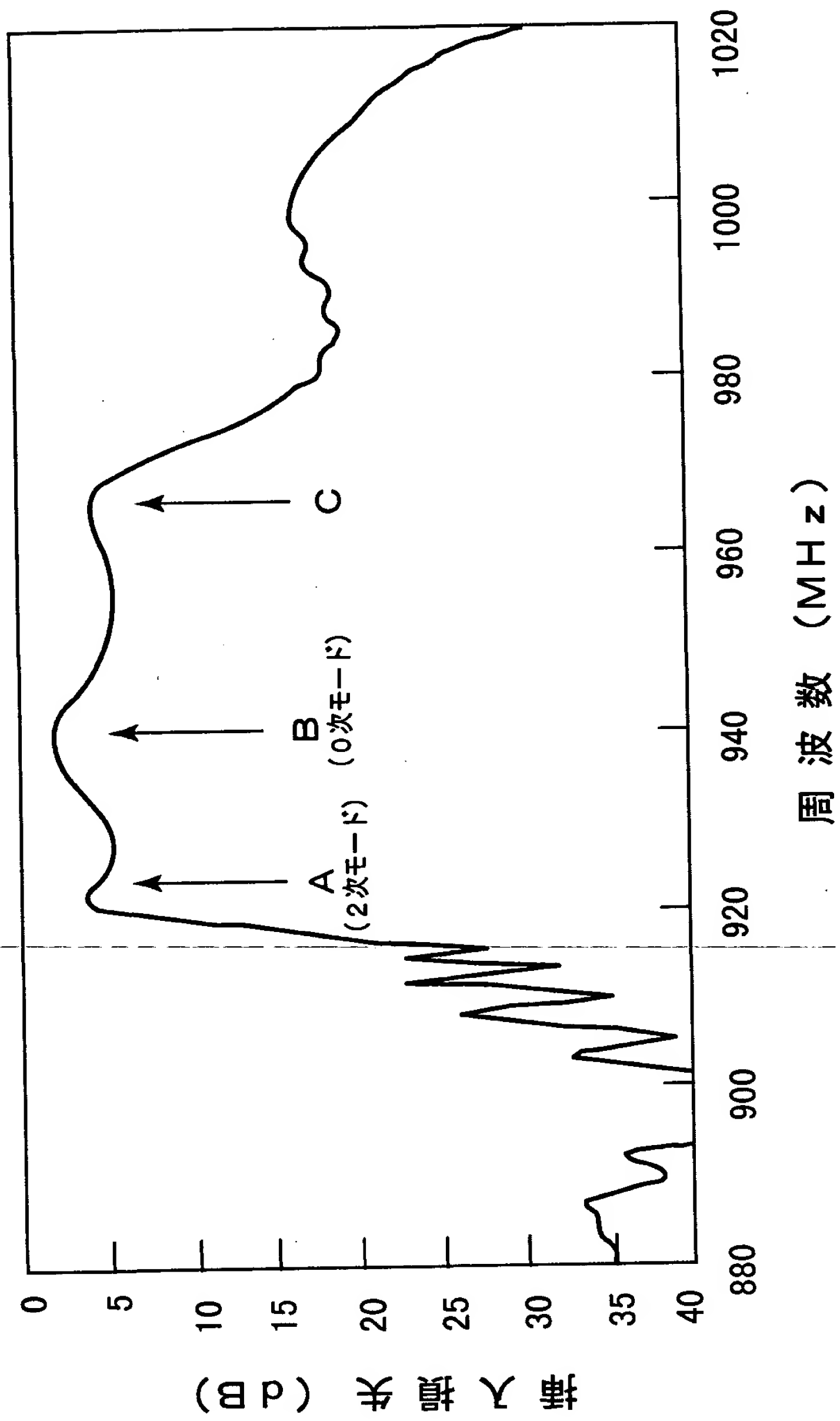
【図 2】



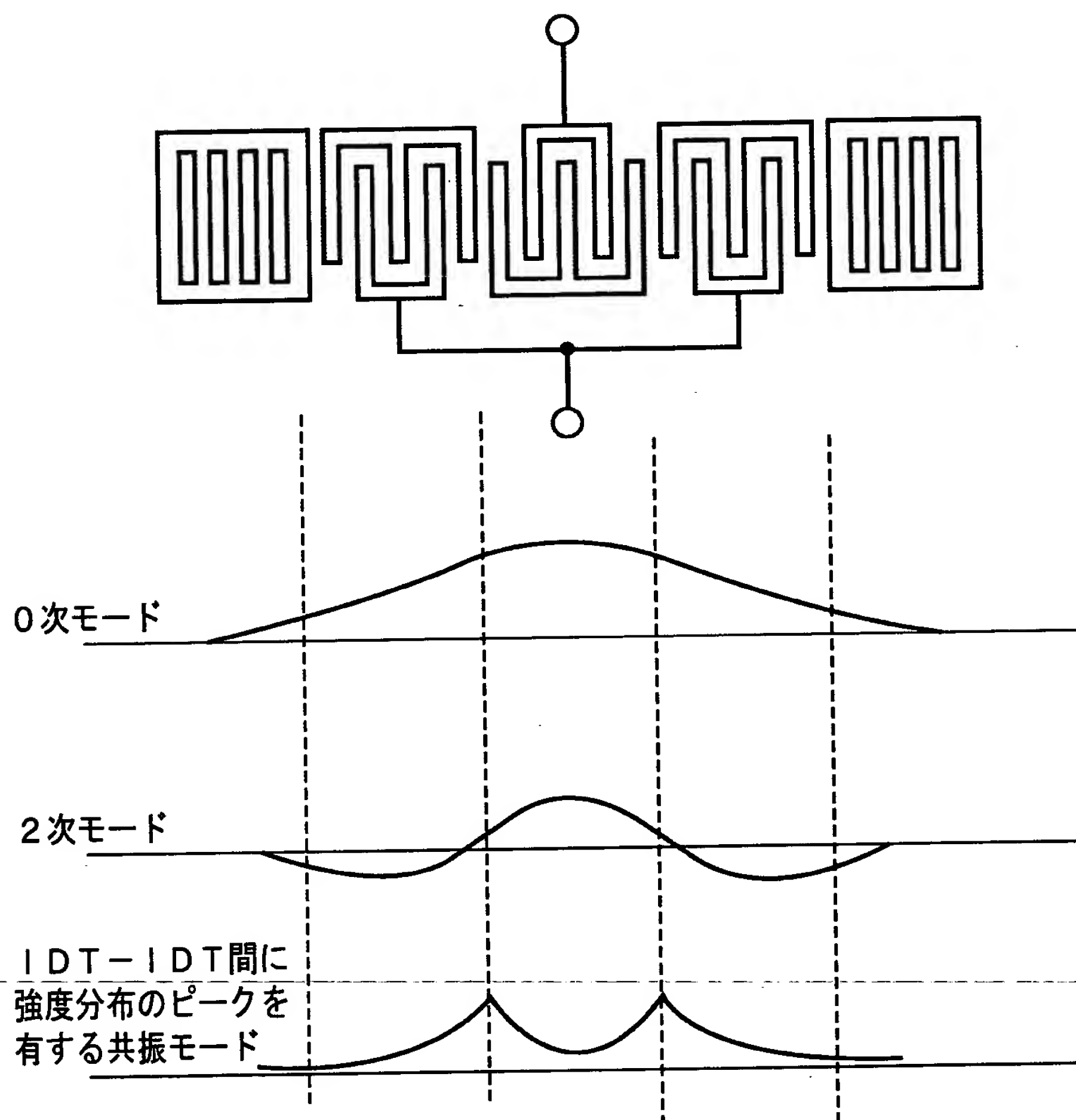
【図 3】



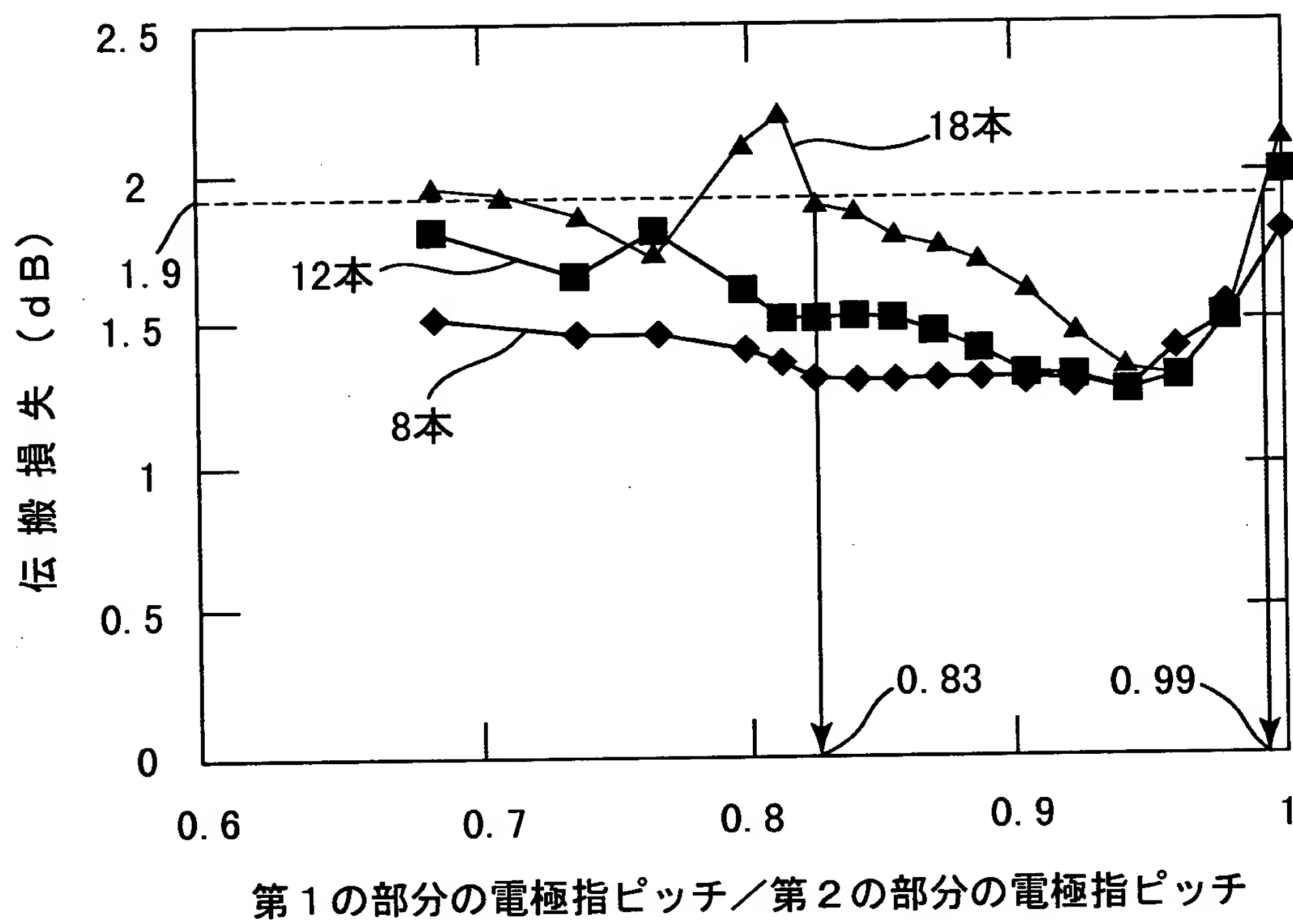
【図 4】



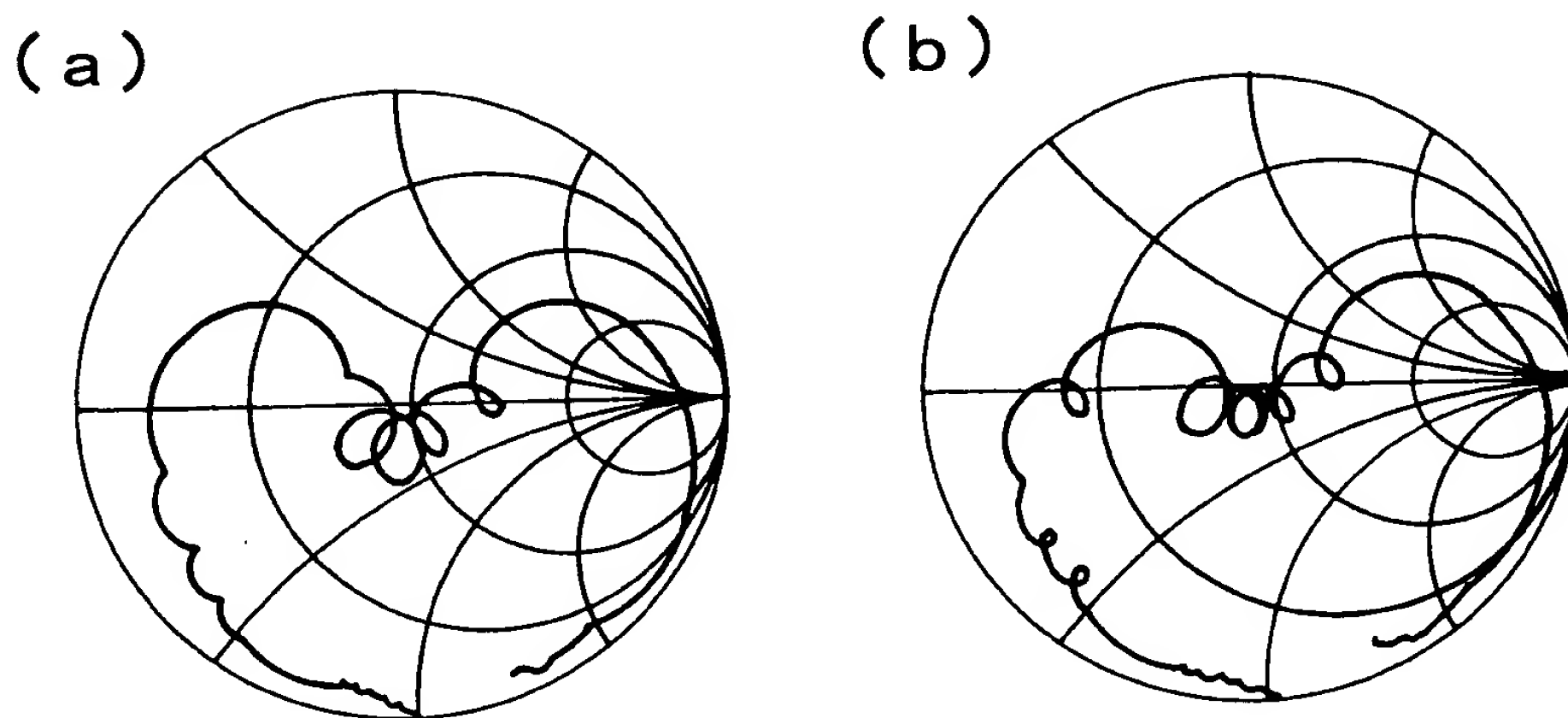
【図 5】



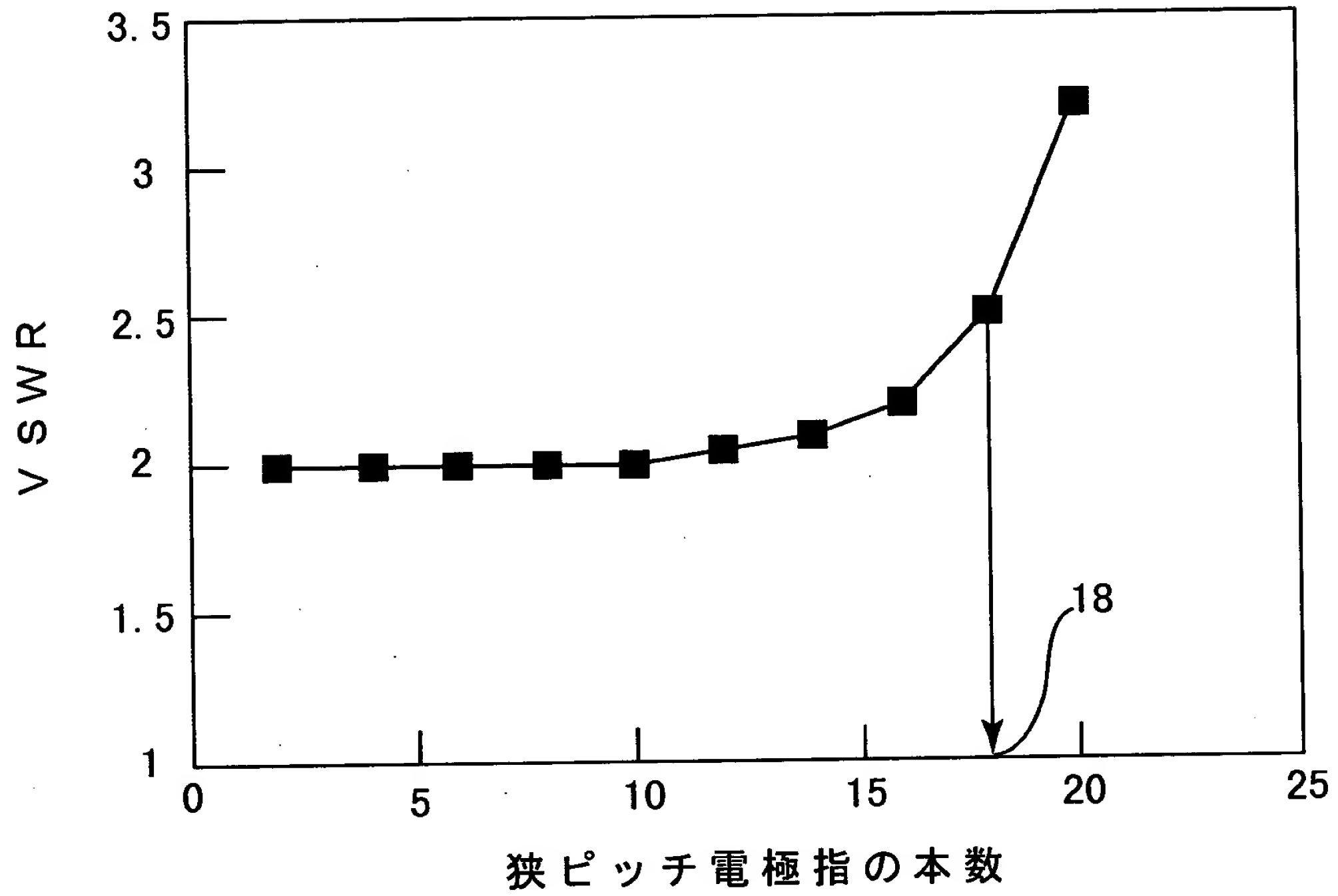
【図 6】



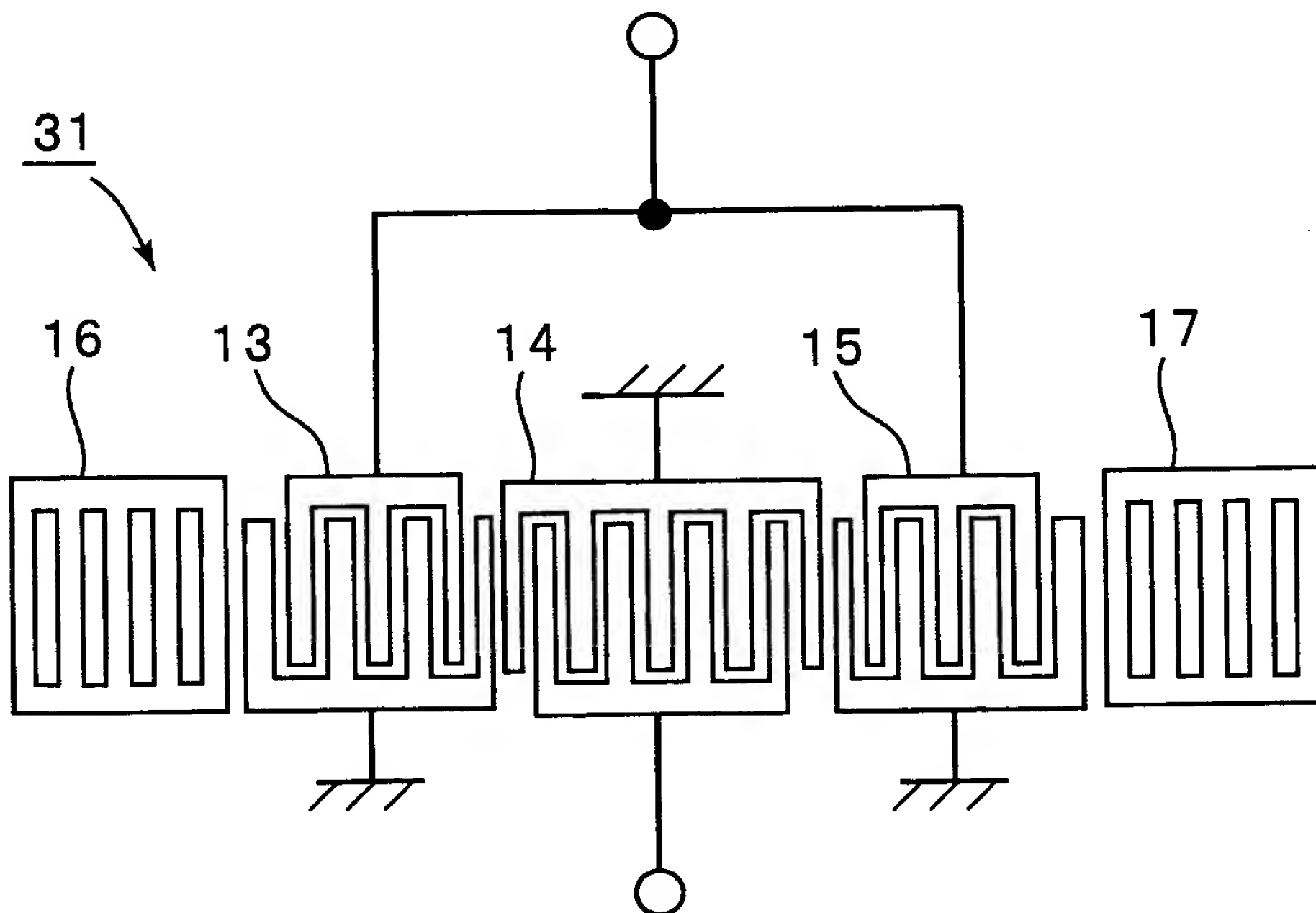
【図 7】



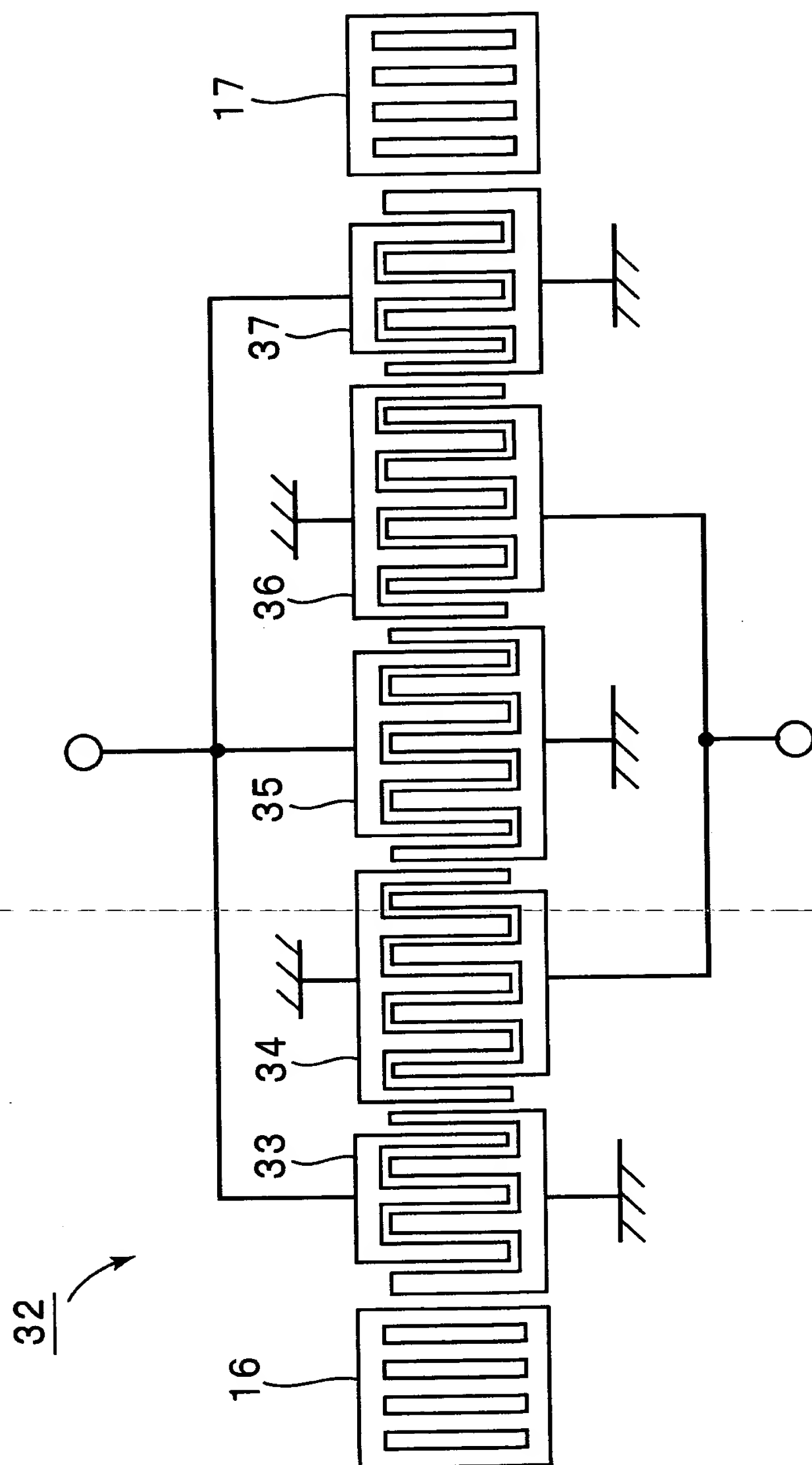
【図 8】



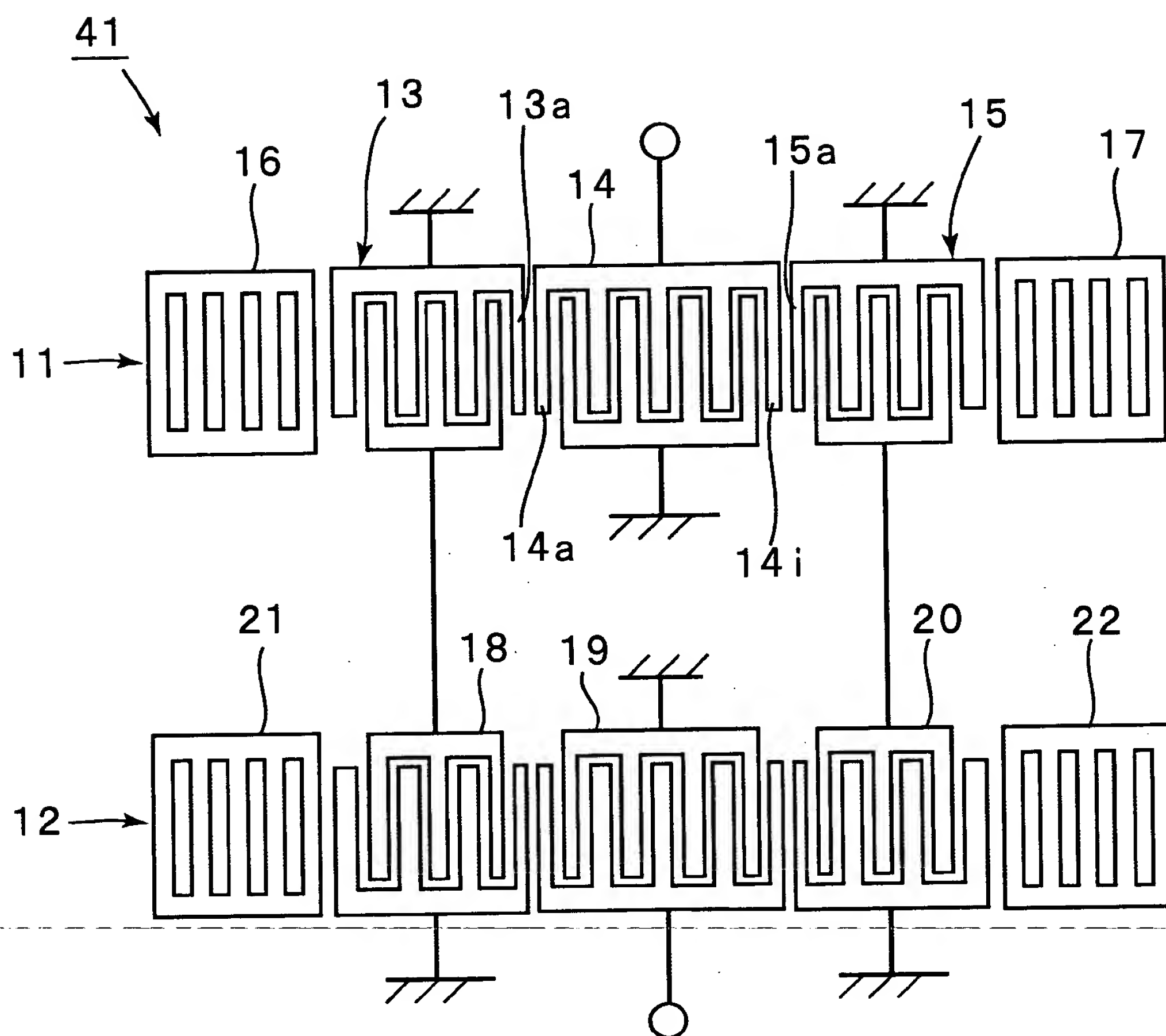
【図 9】



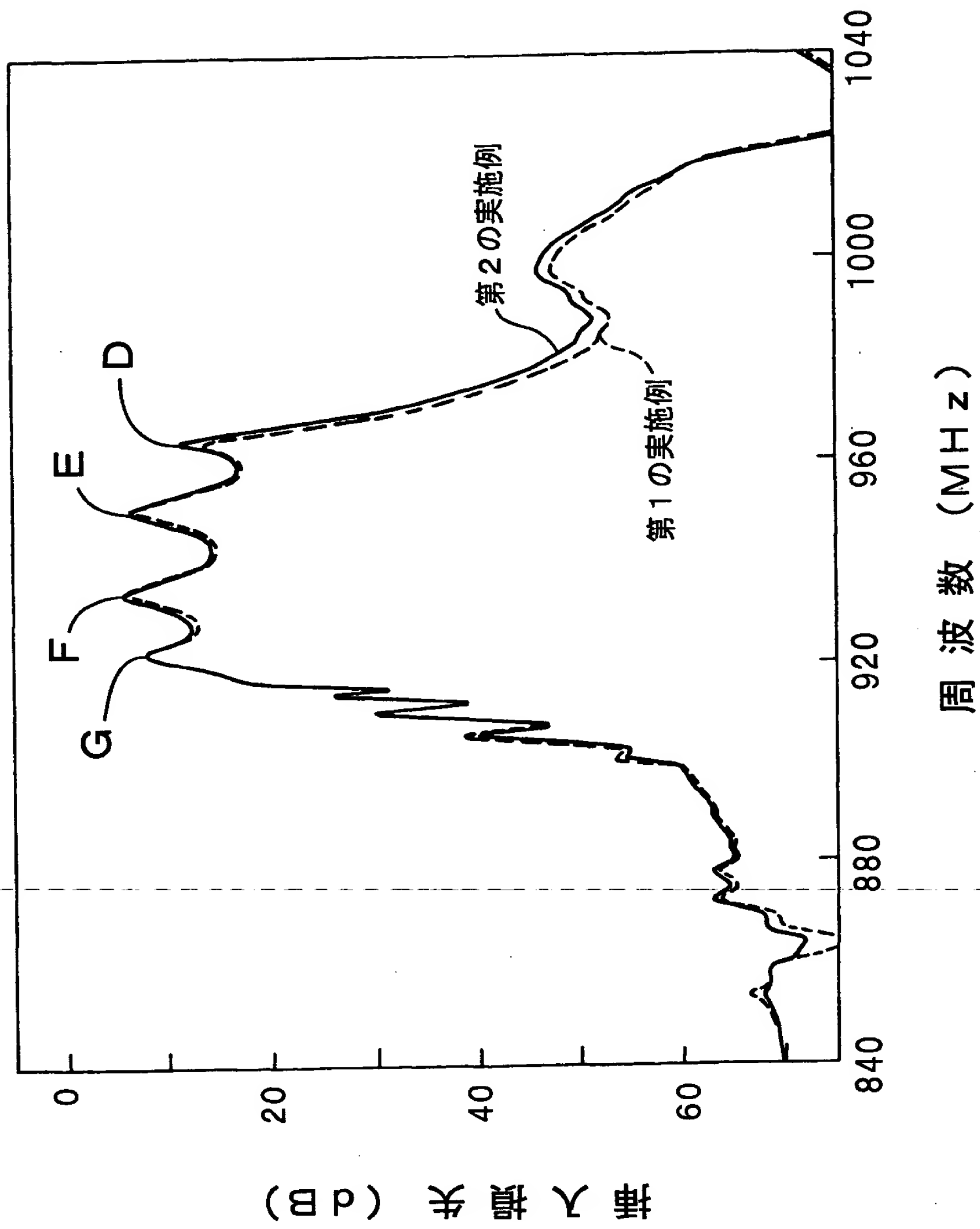
【図 10】



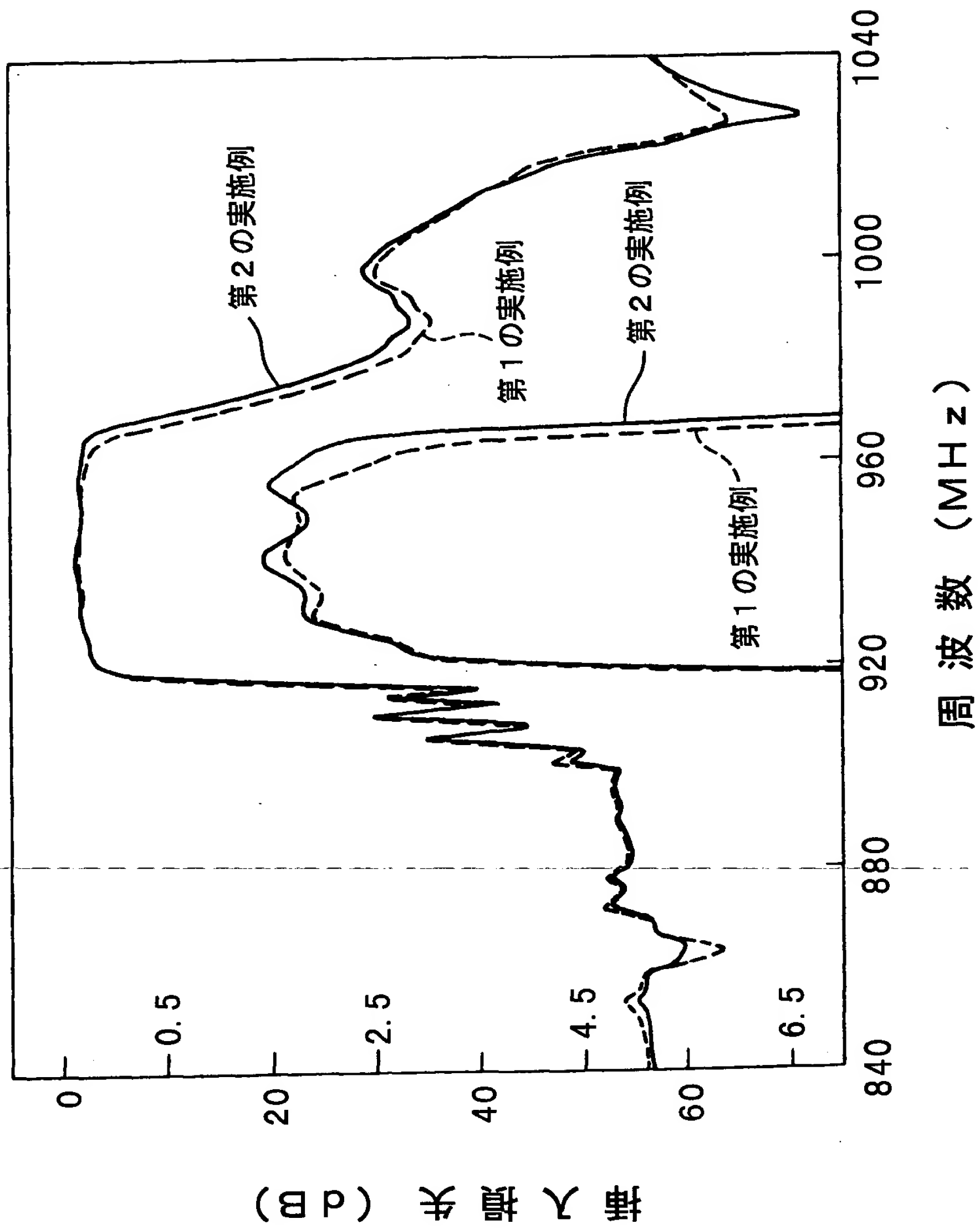
【図 11】



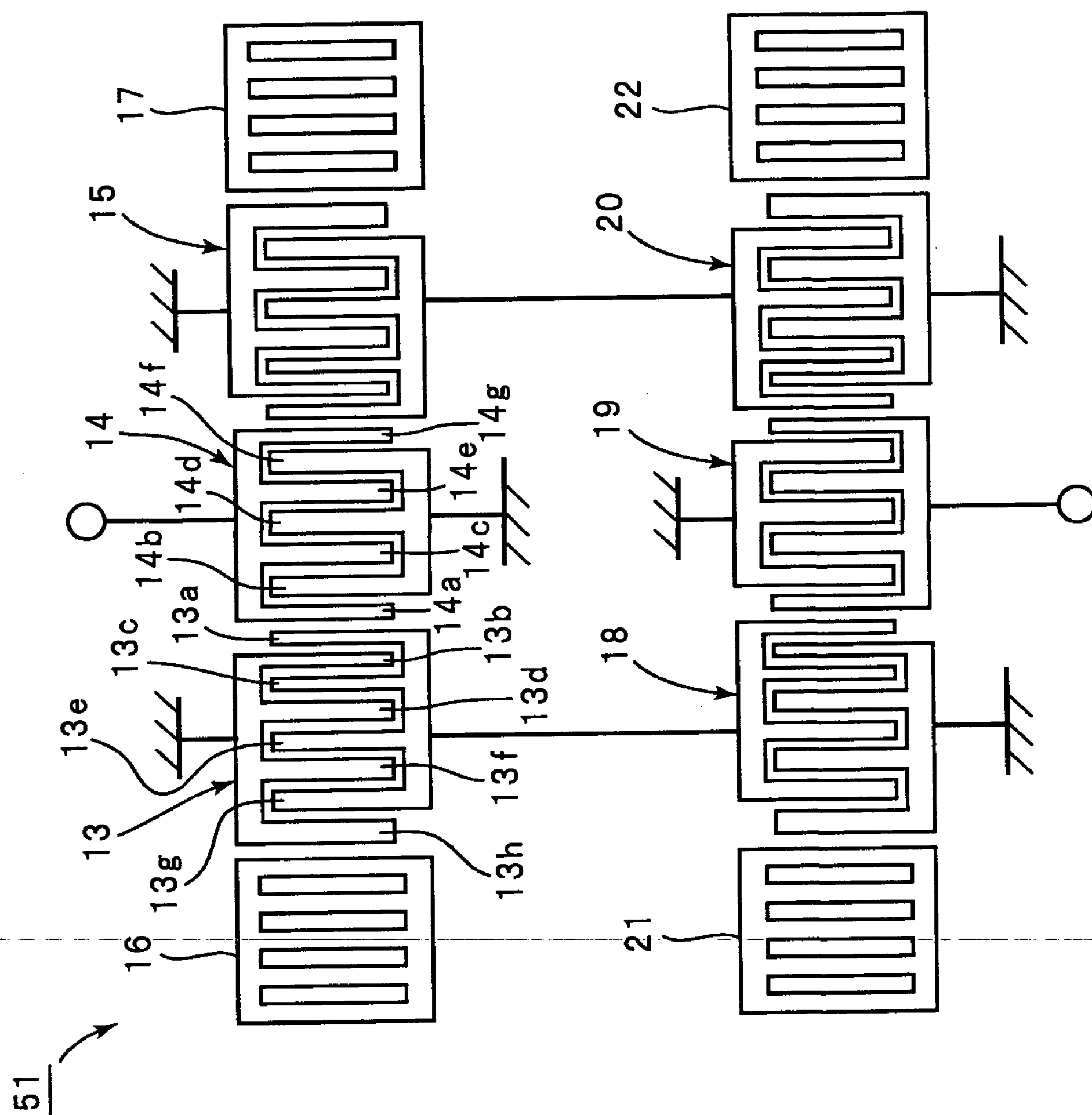
【図12】



【図13】

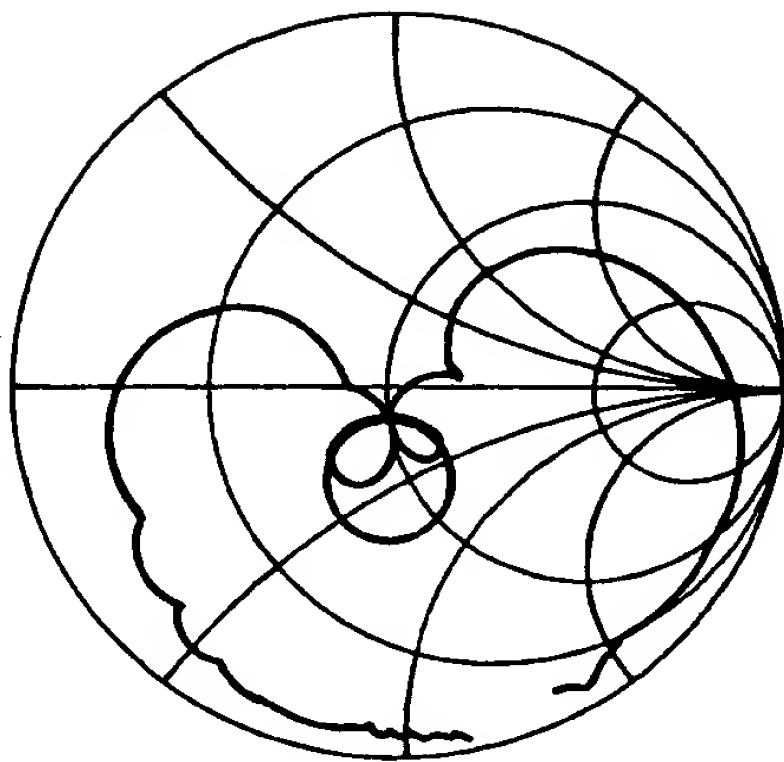


【図 14】

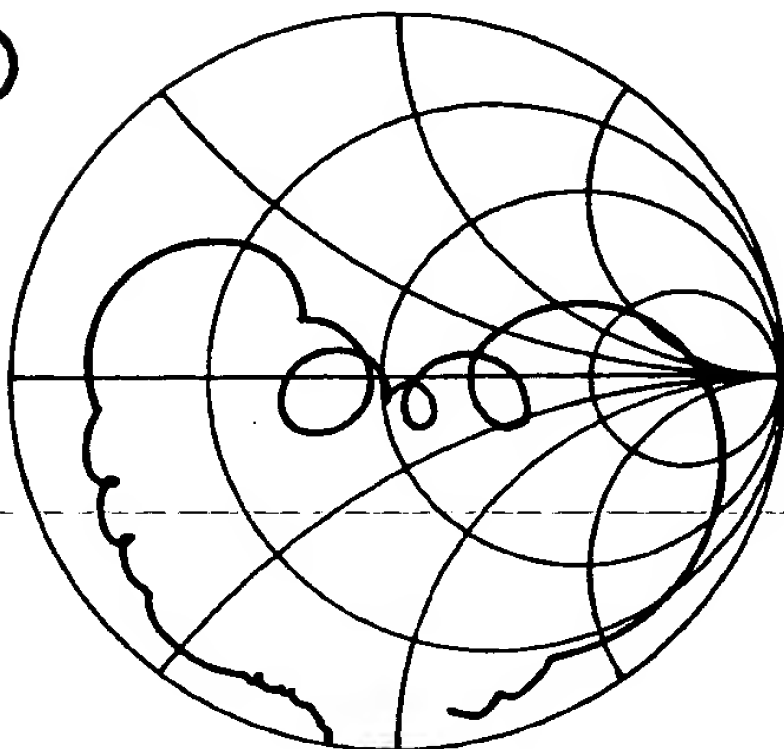


【図15】

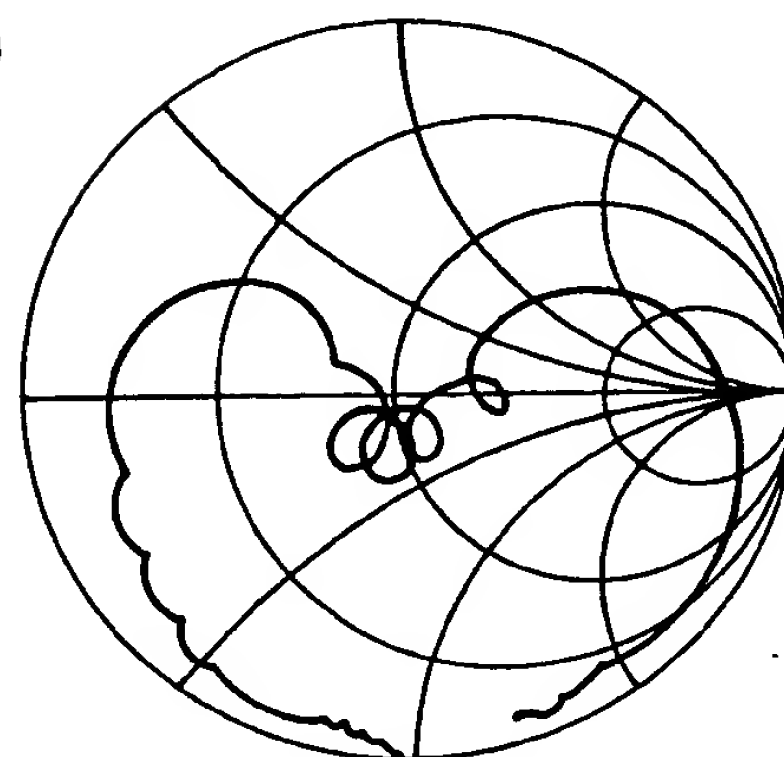
(a)



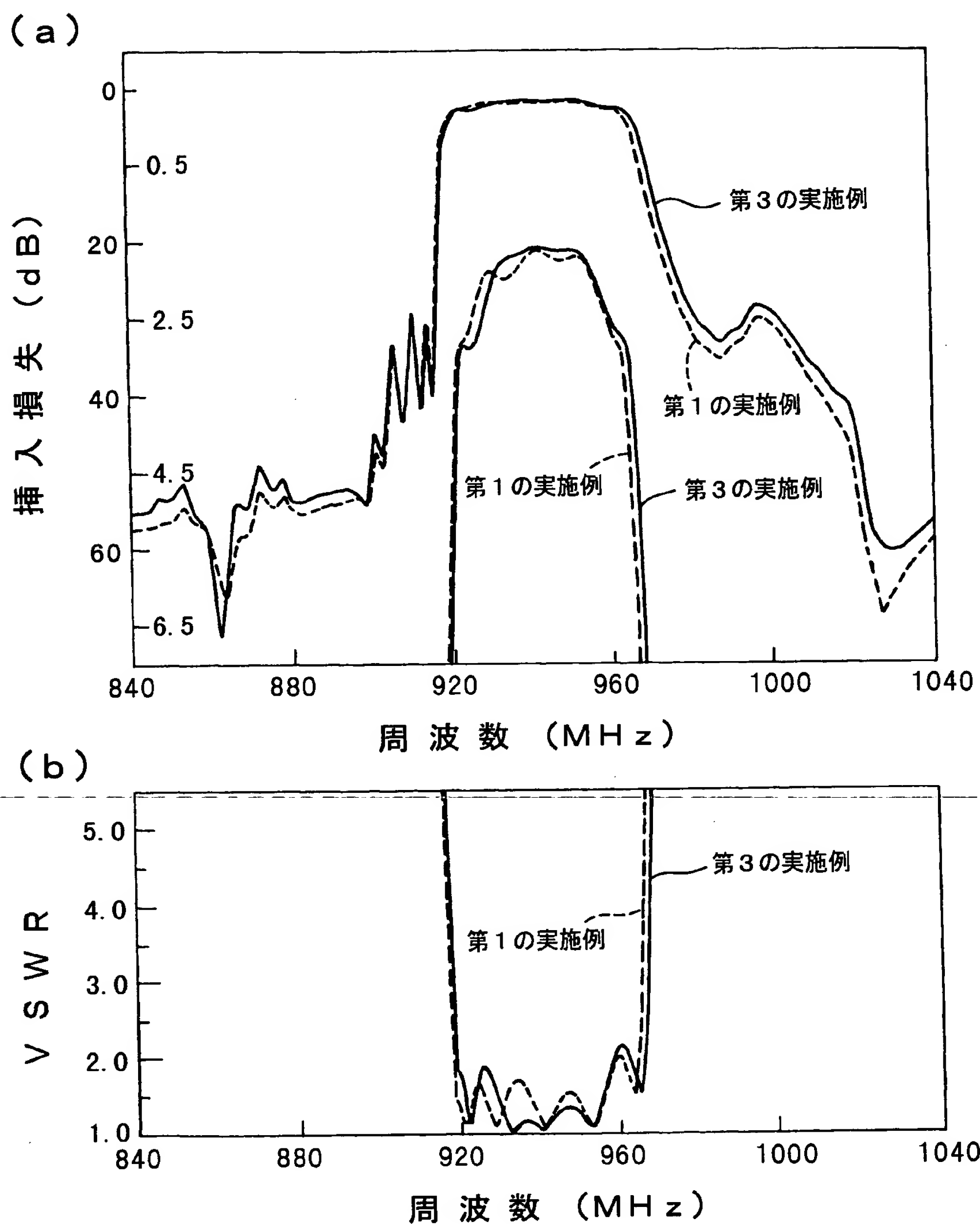
(b)



(c)

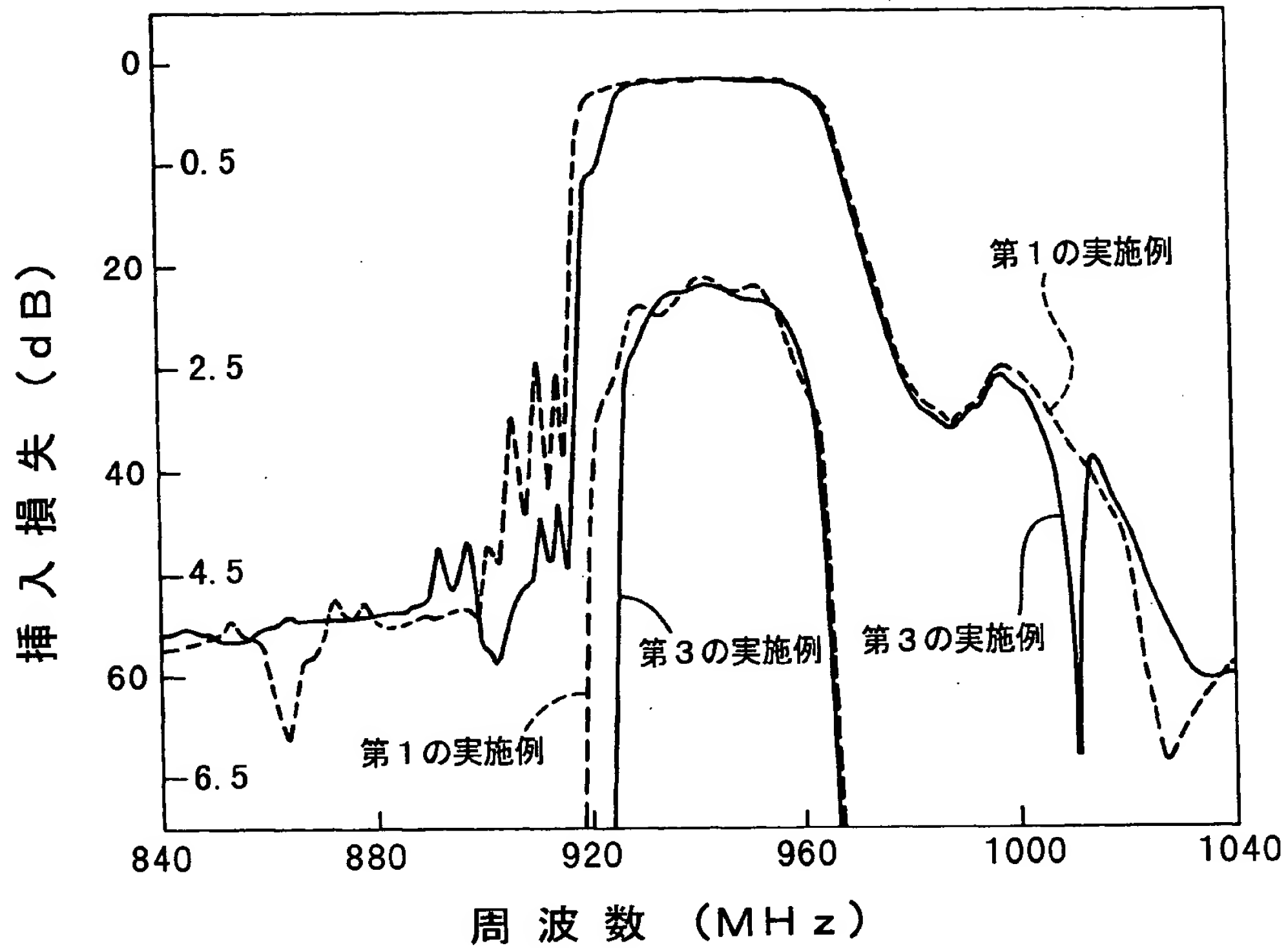


【図16】

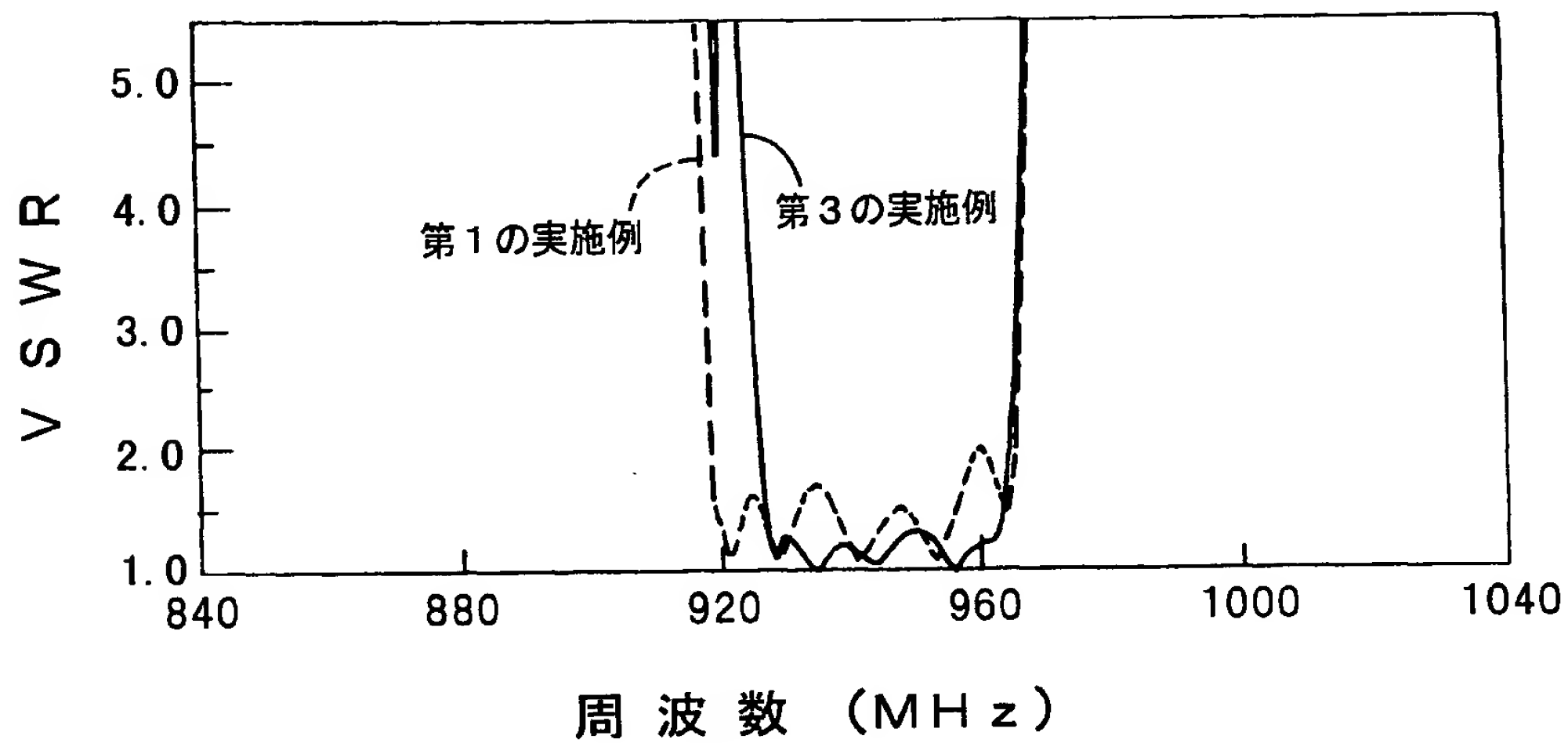


【図17】

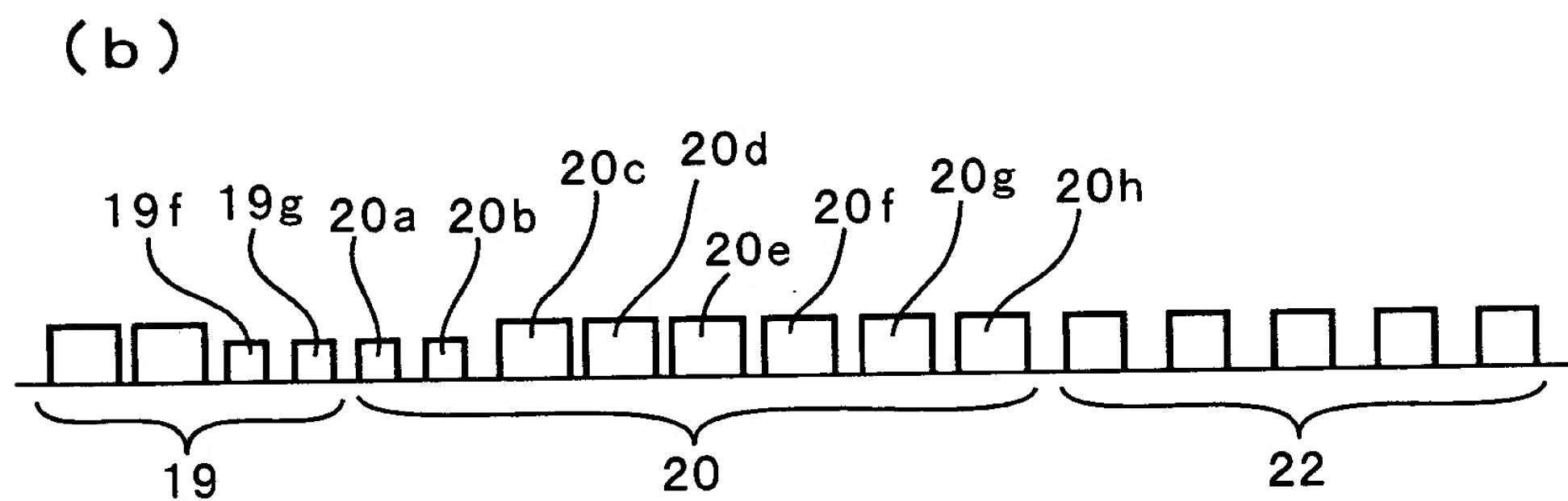
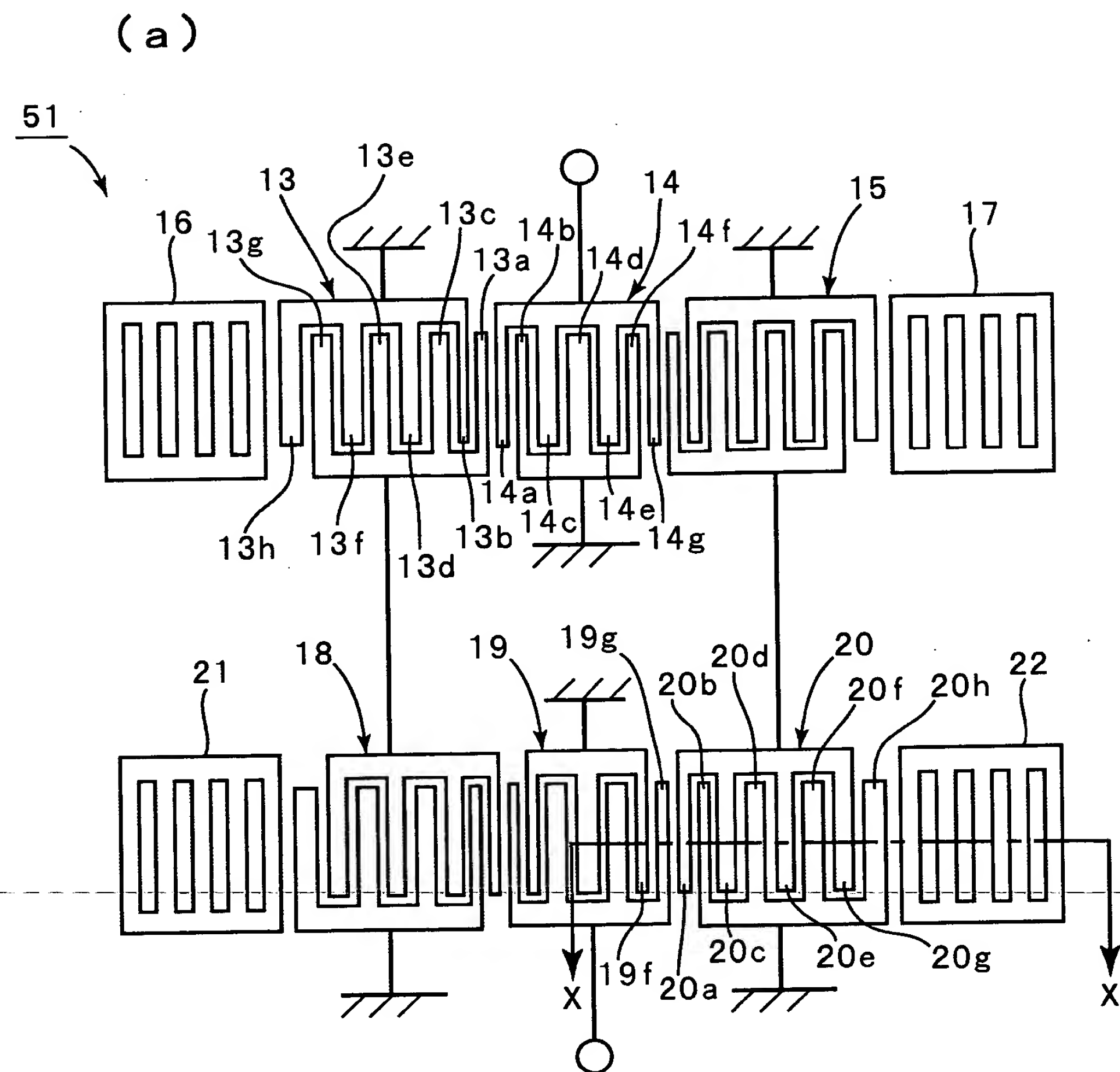
(a)



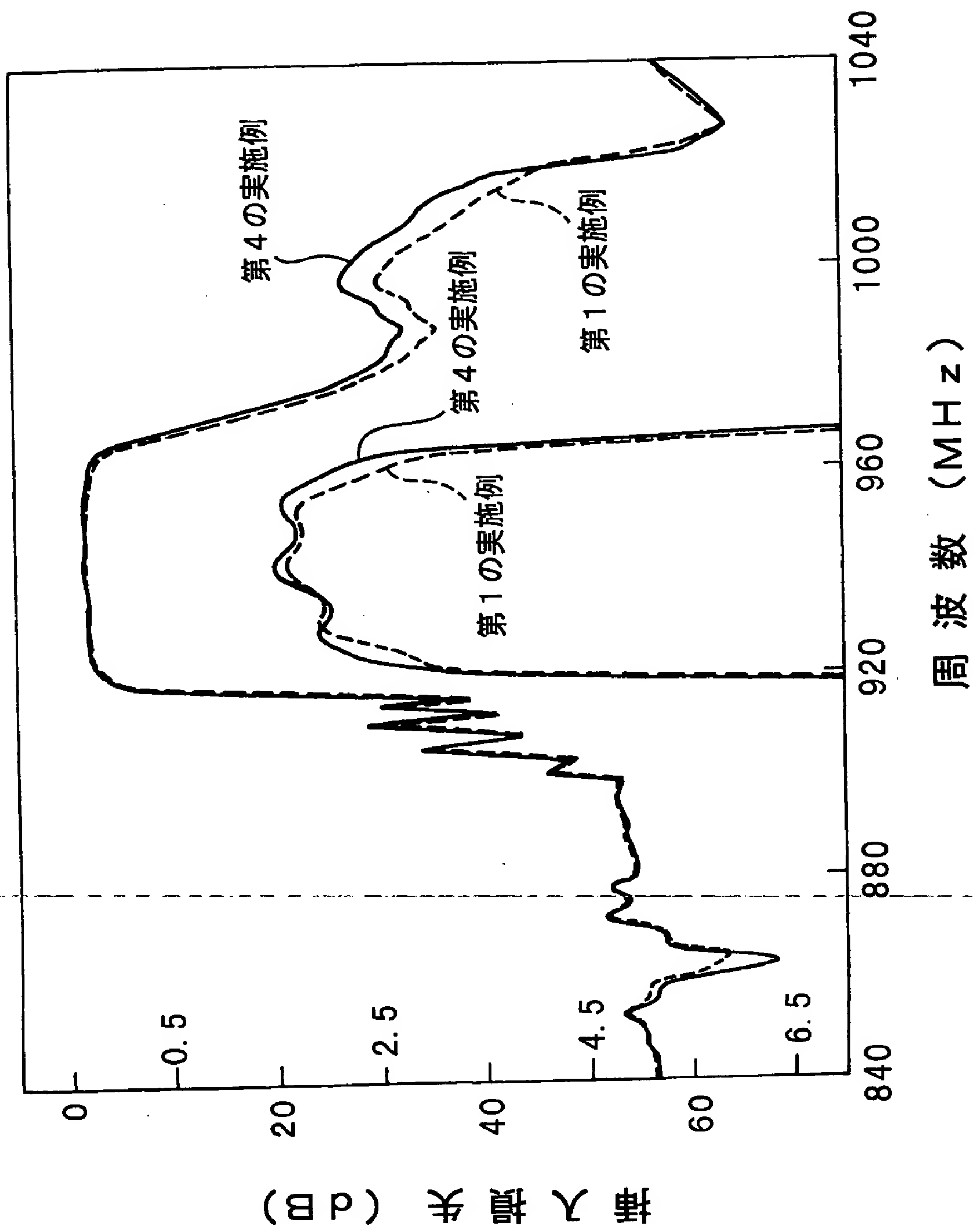
(b)



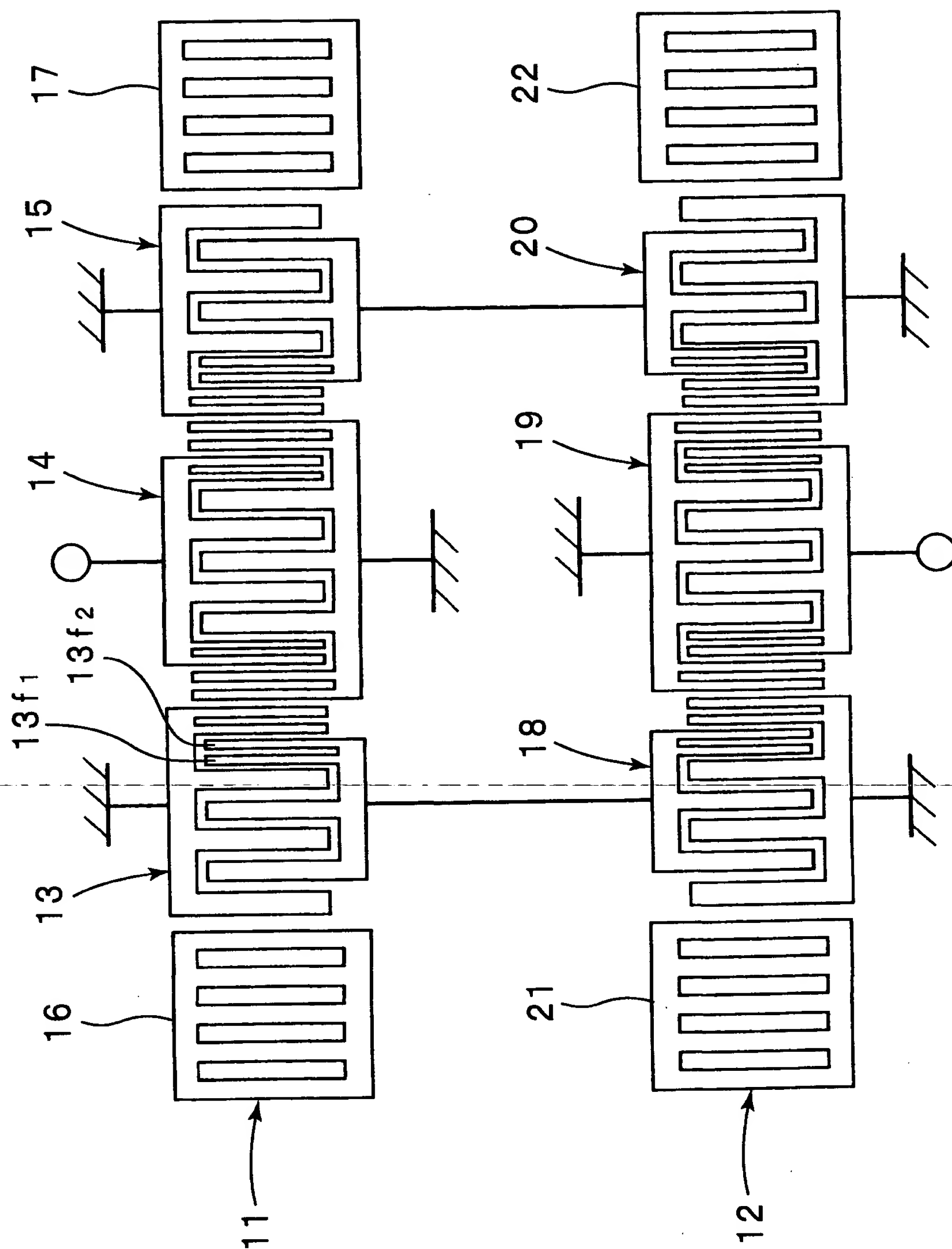
【図18】



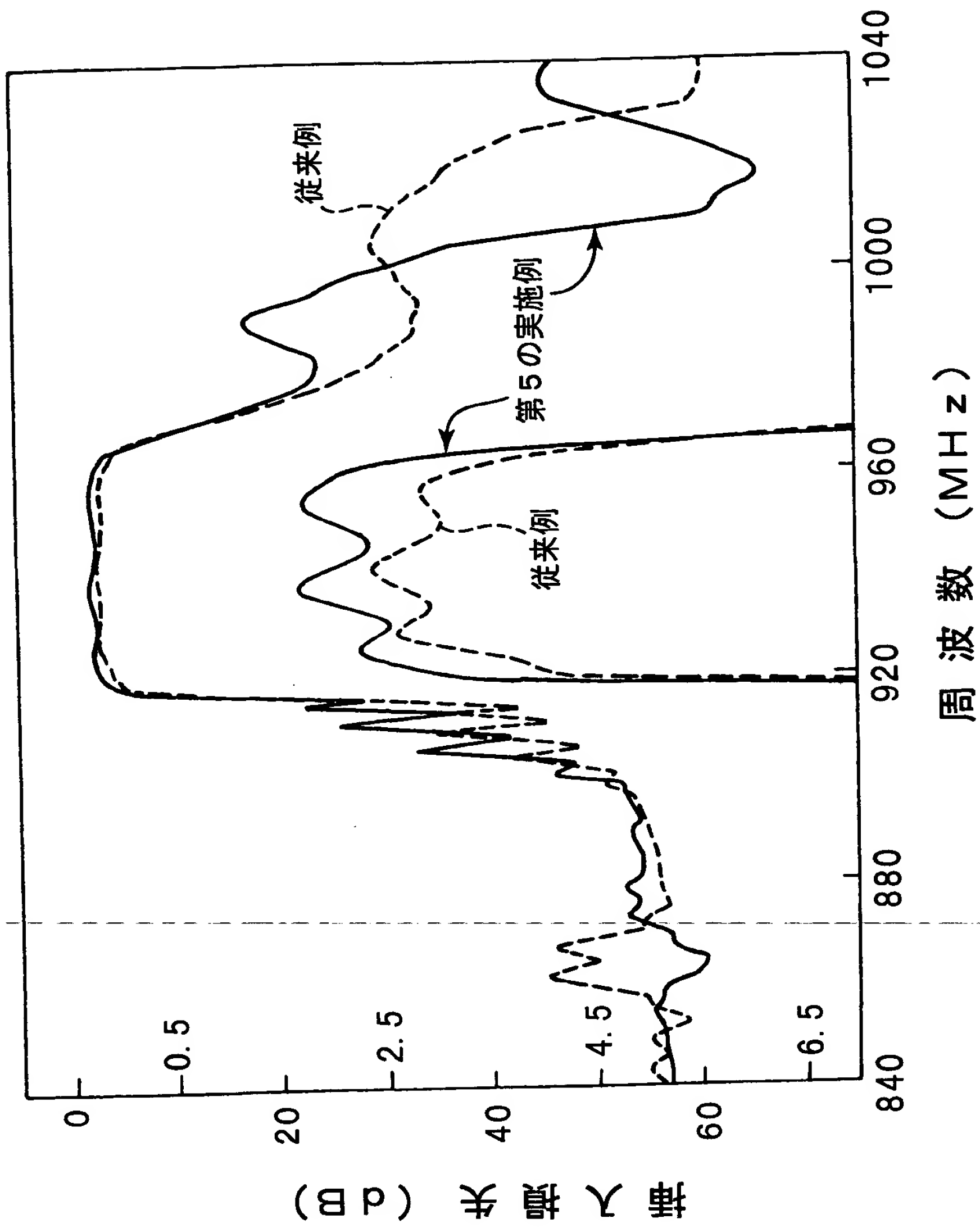
【図 19】



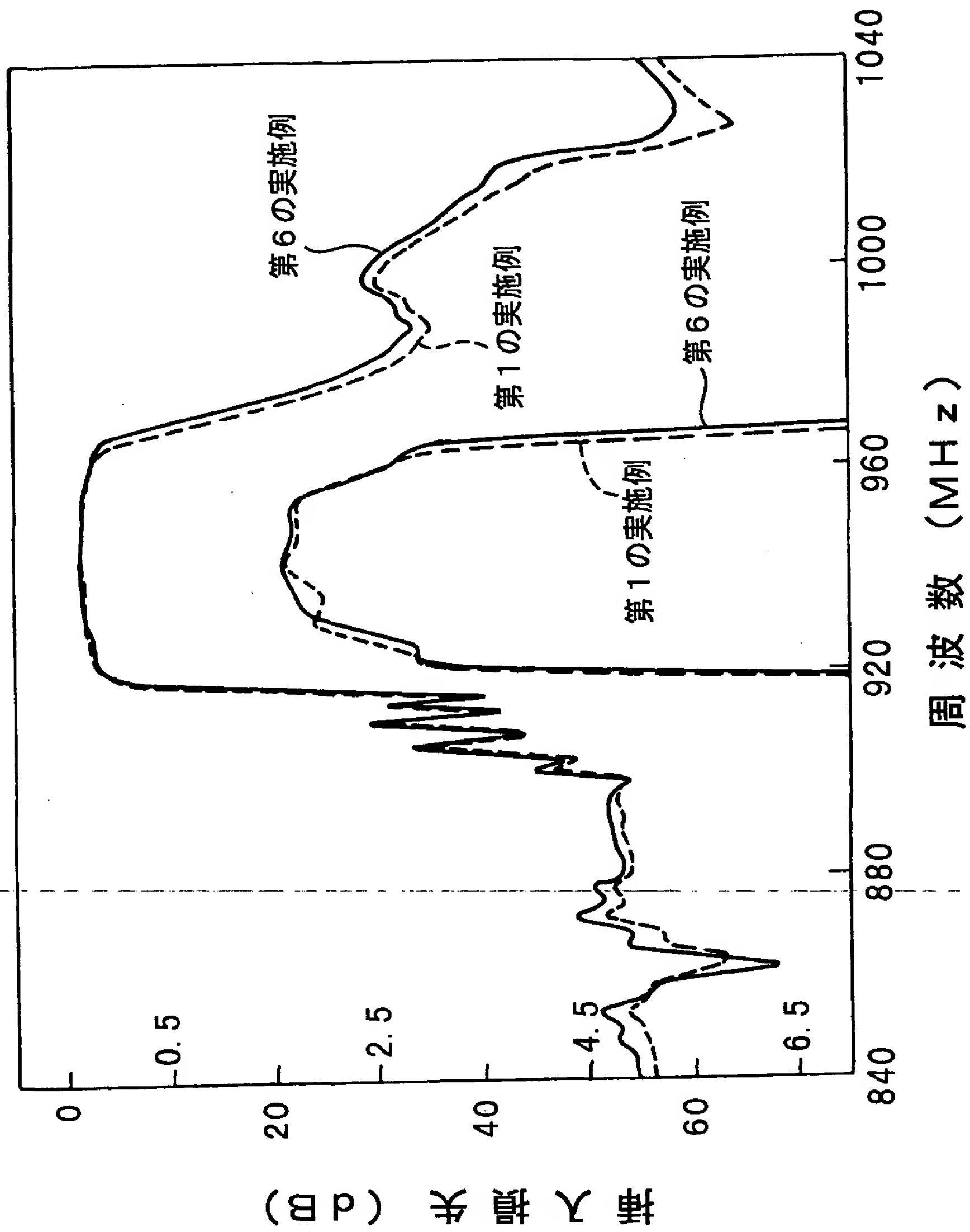
【図 20】



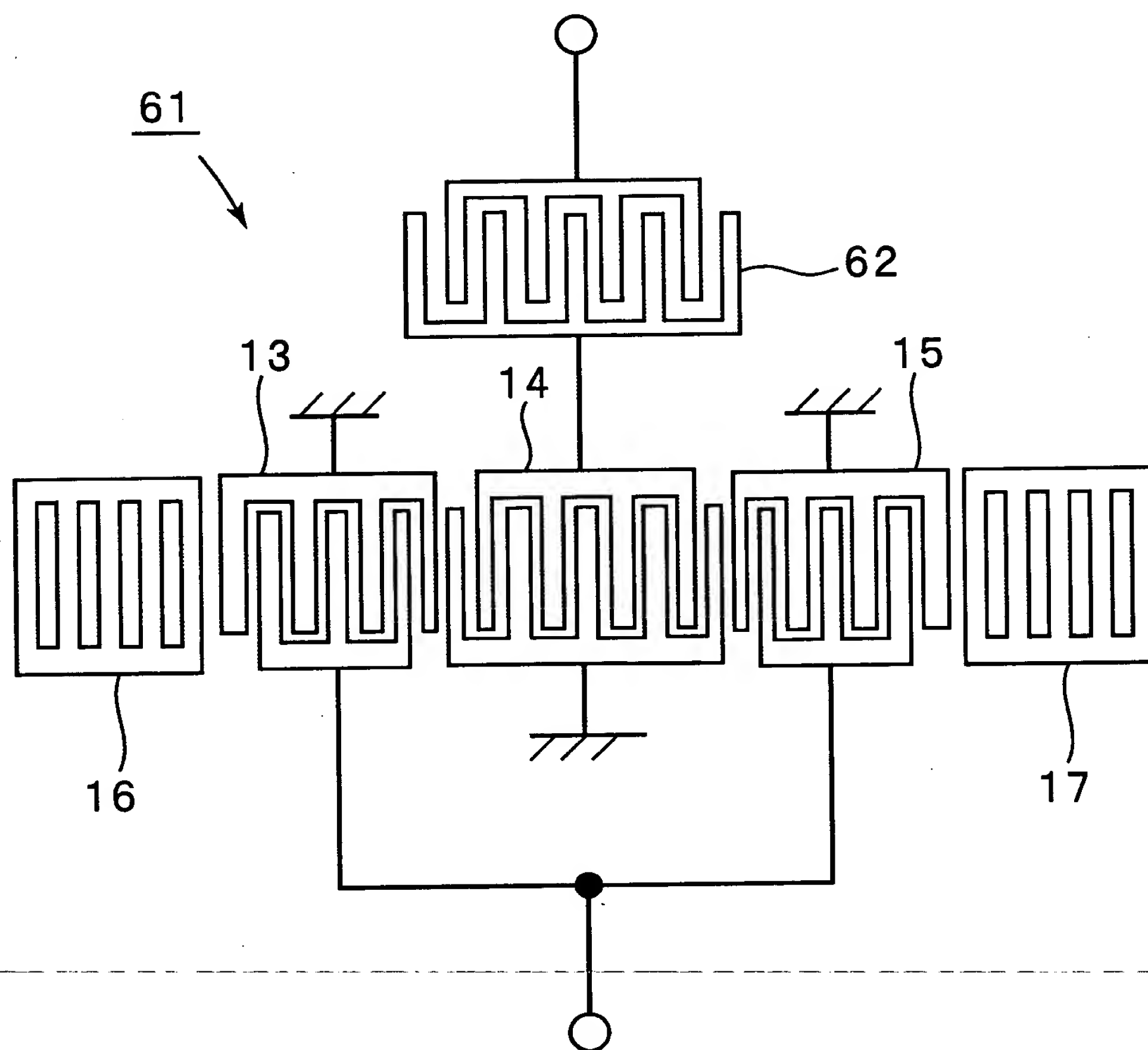
【図 21】



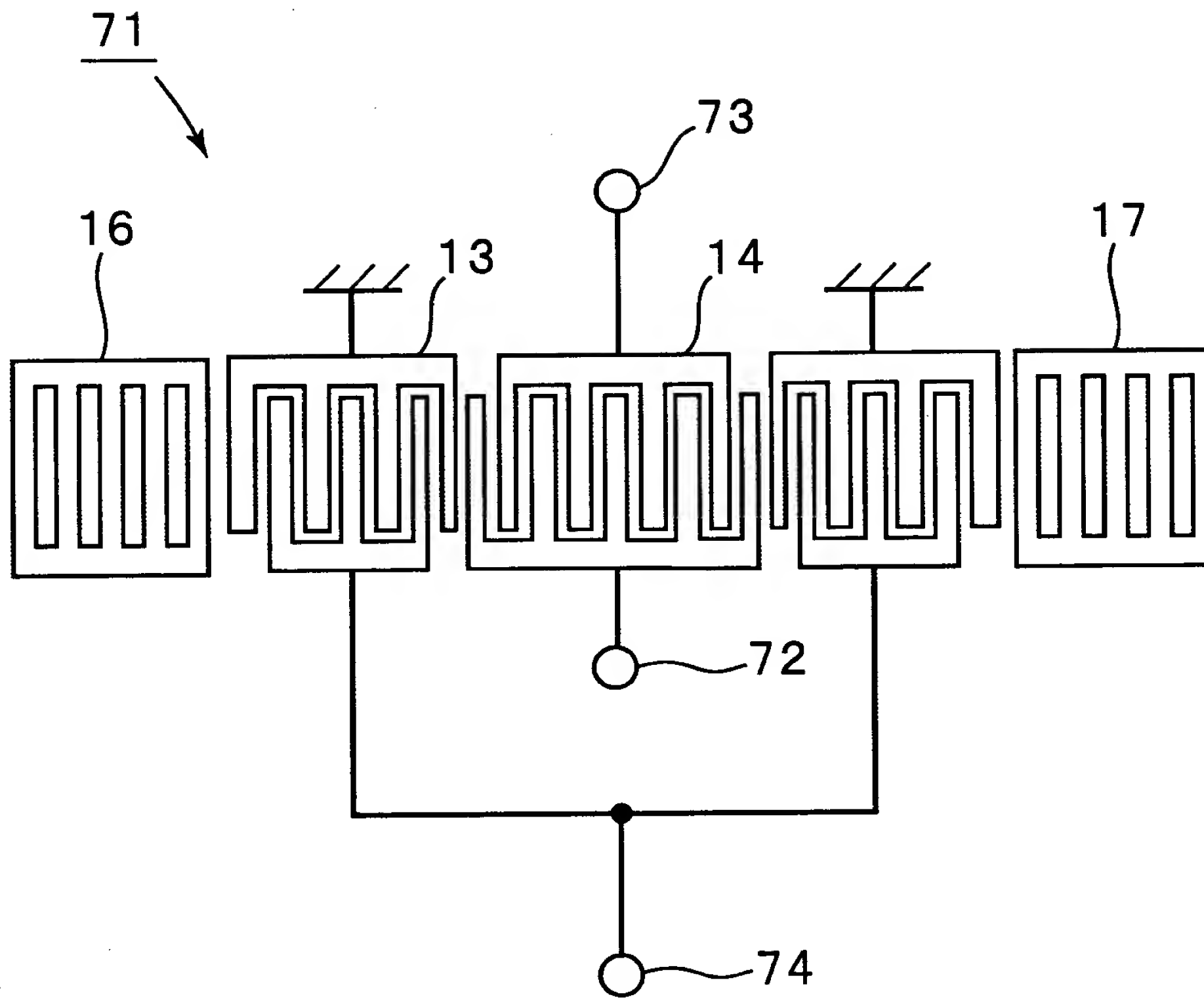
【図 22】



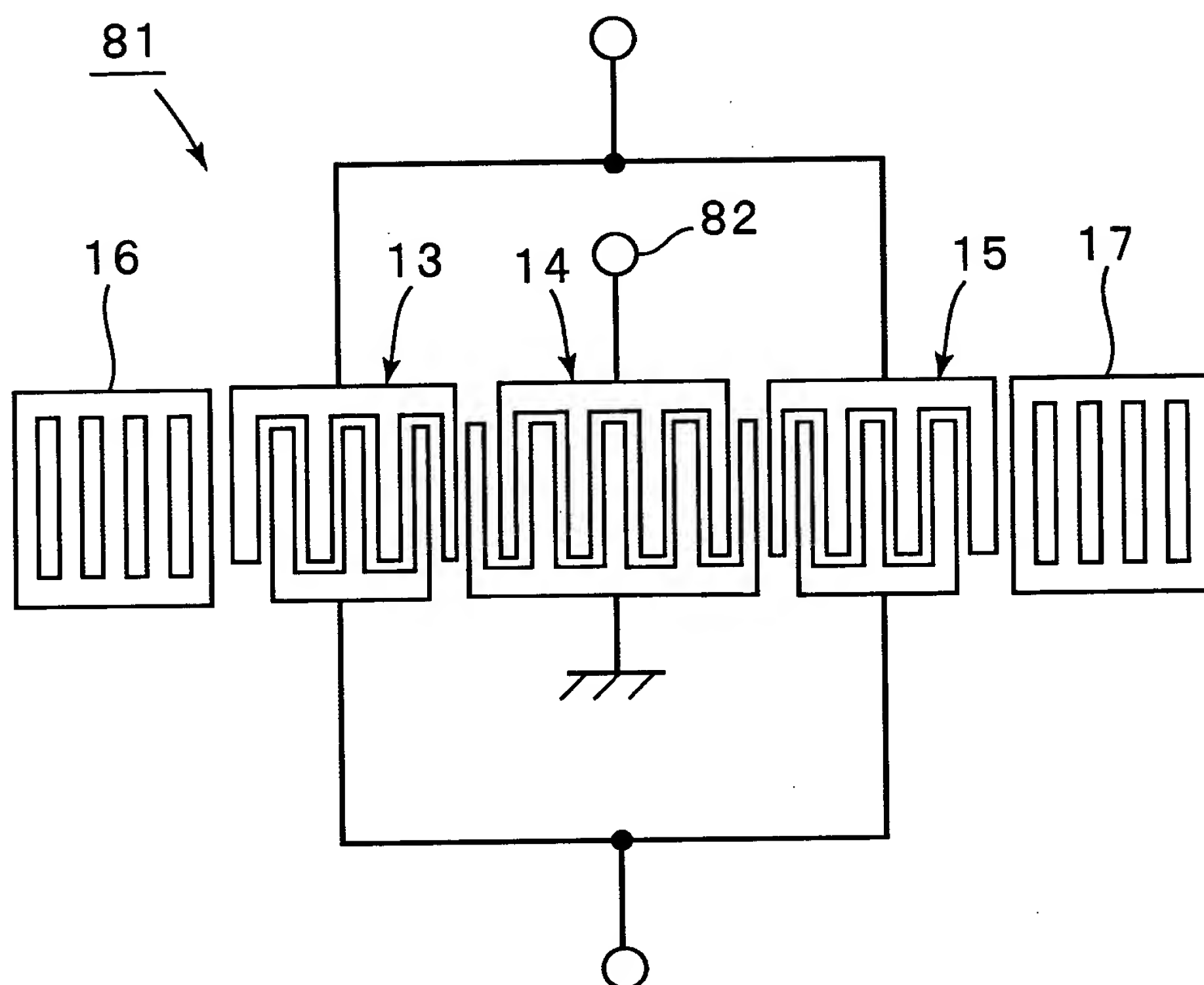
【図 2 3】



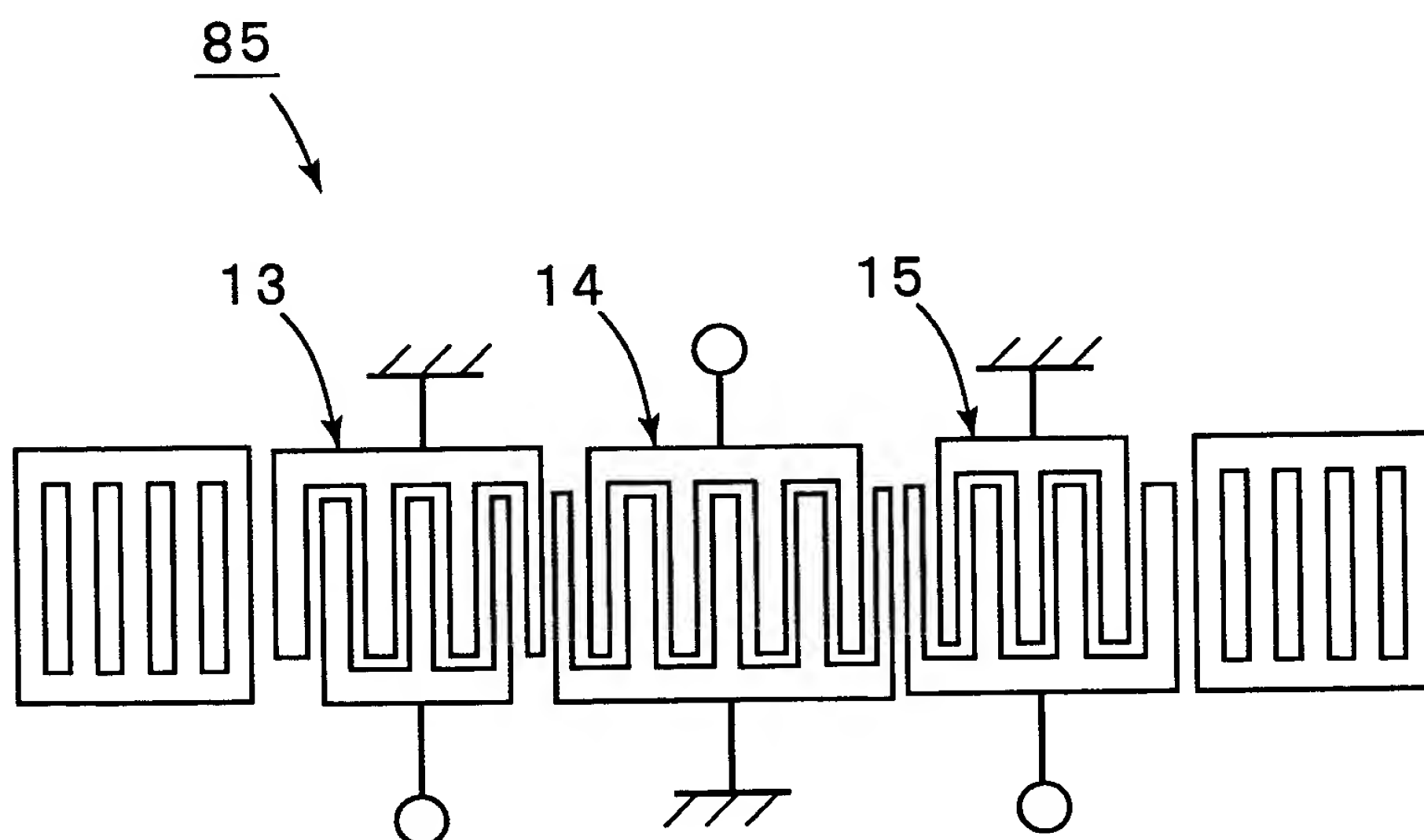
【図 2 4】



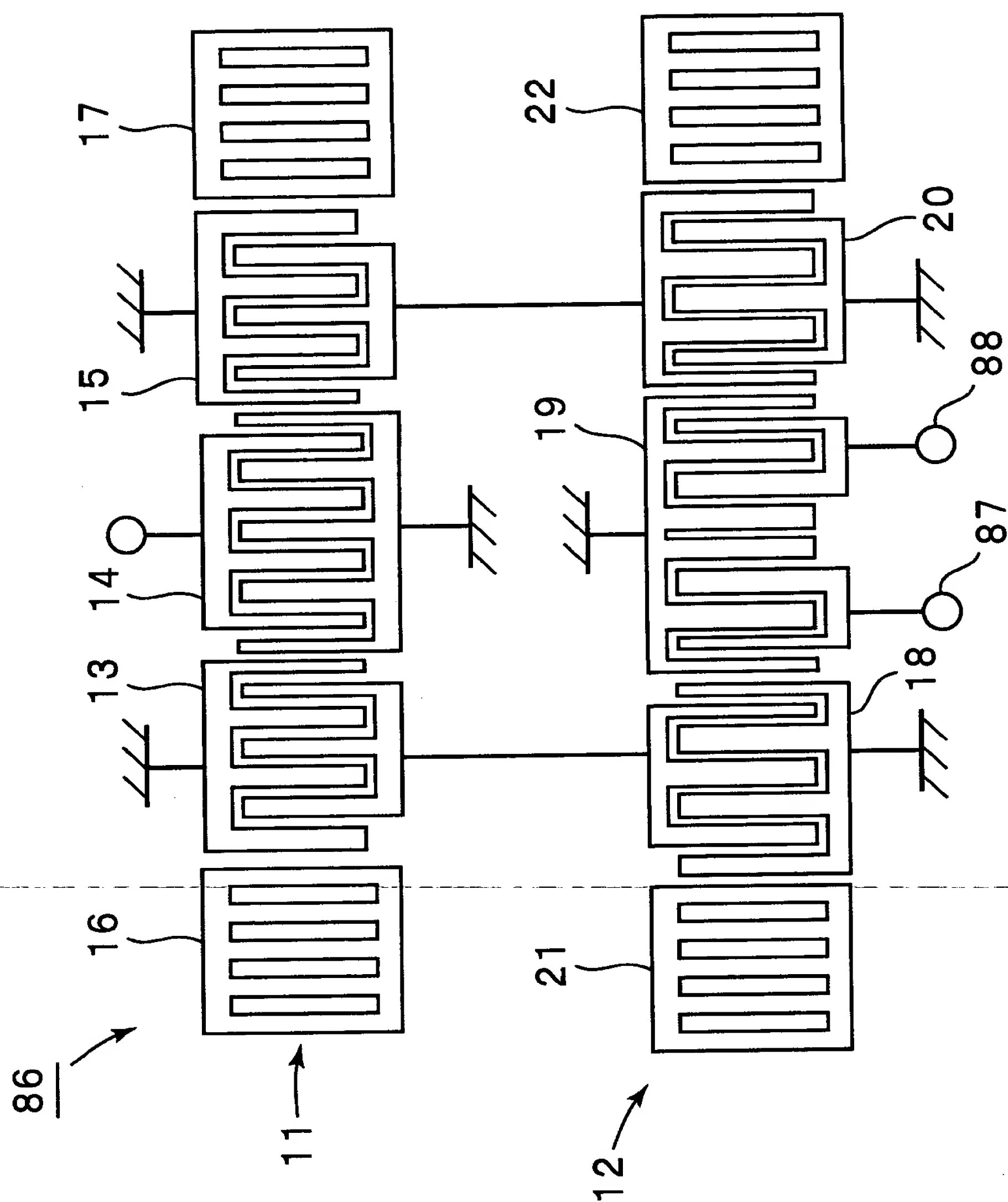
【図25】



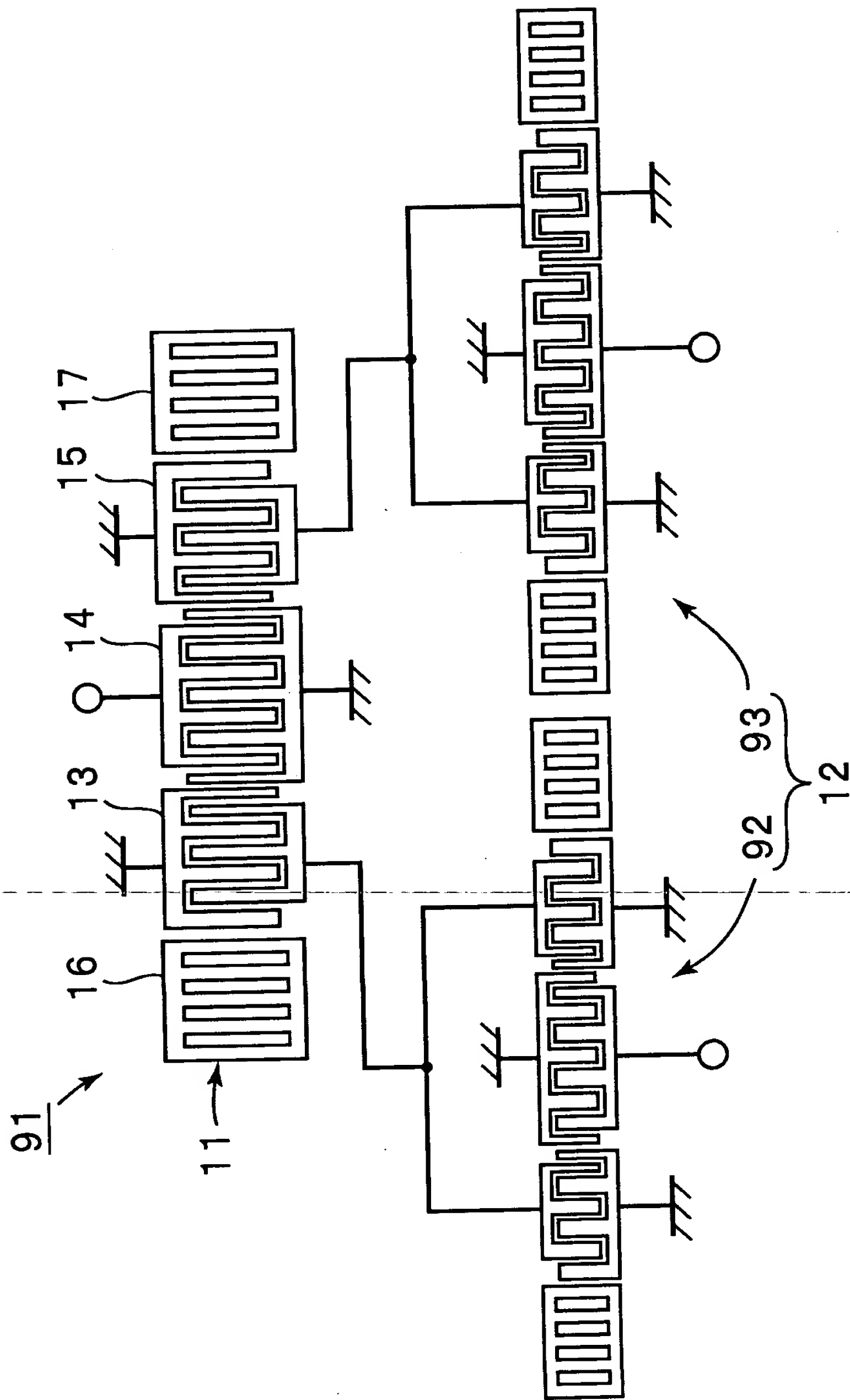
【図26】



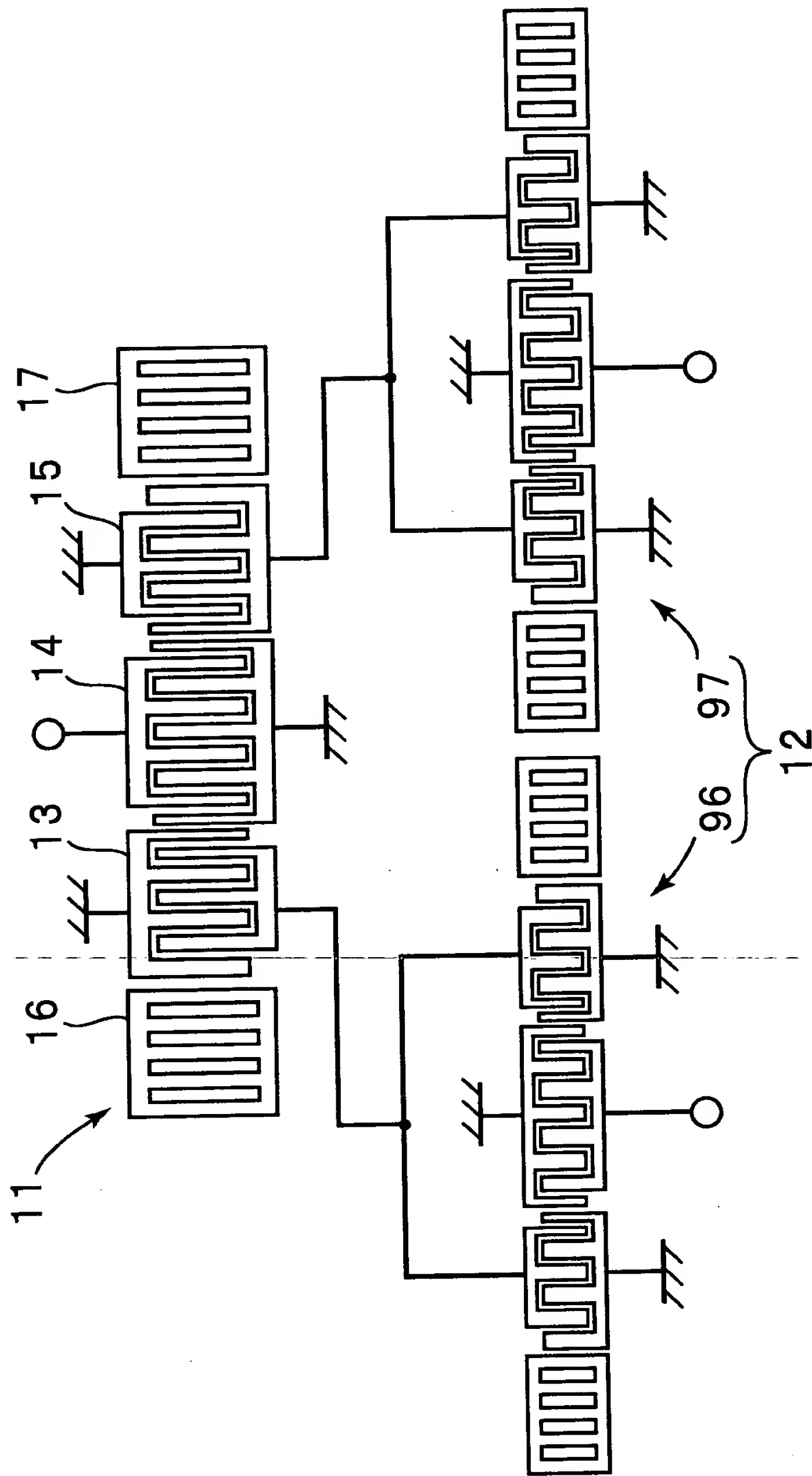
【図 2 7】



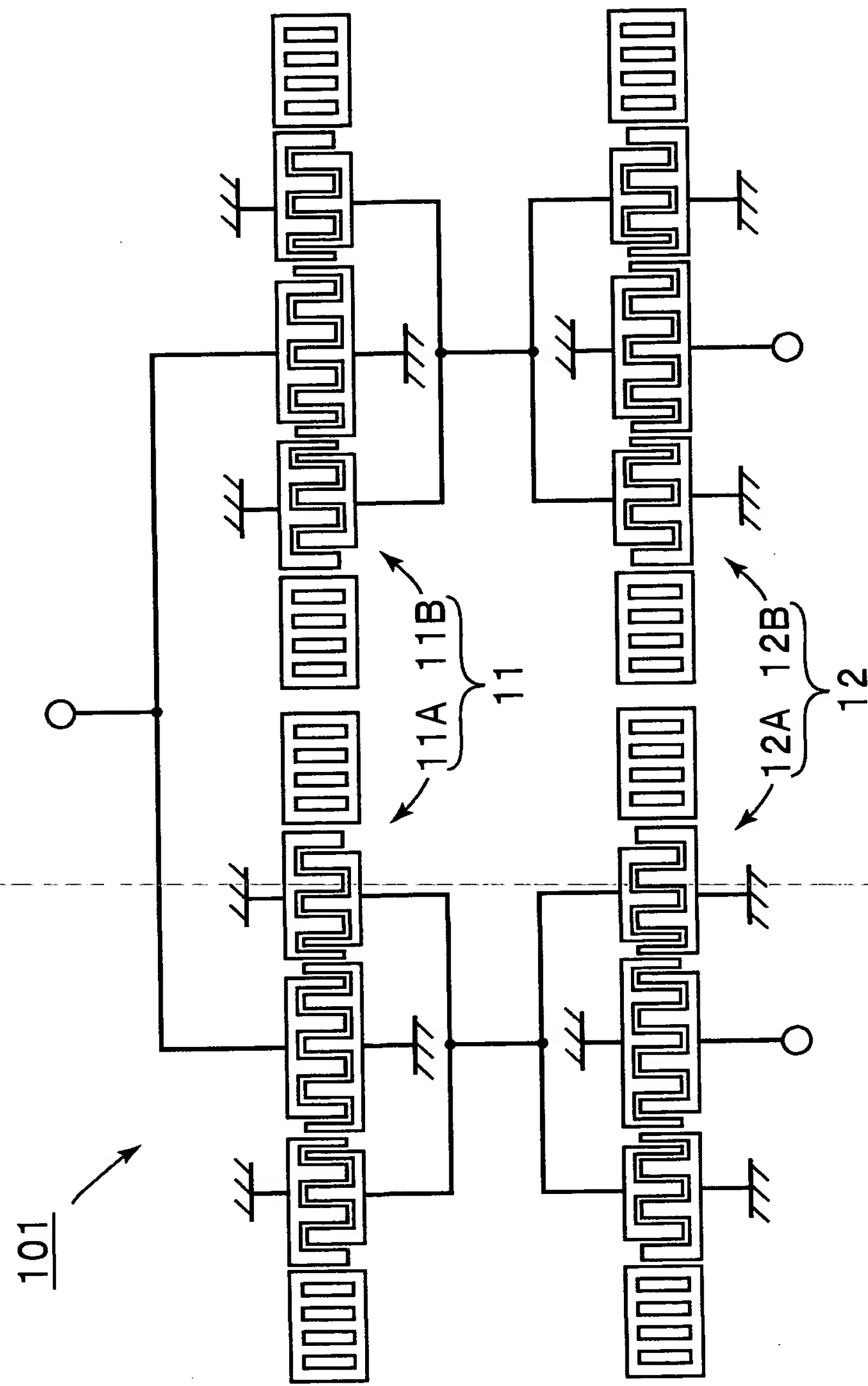
【図 2 8】



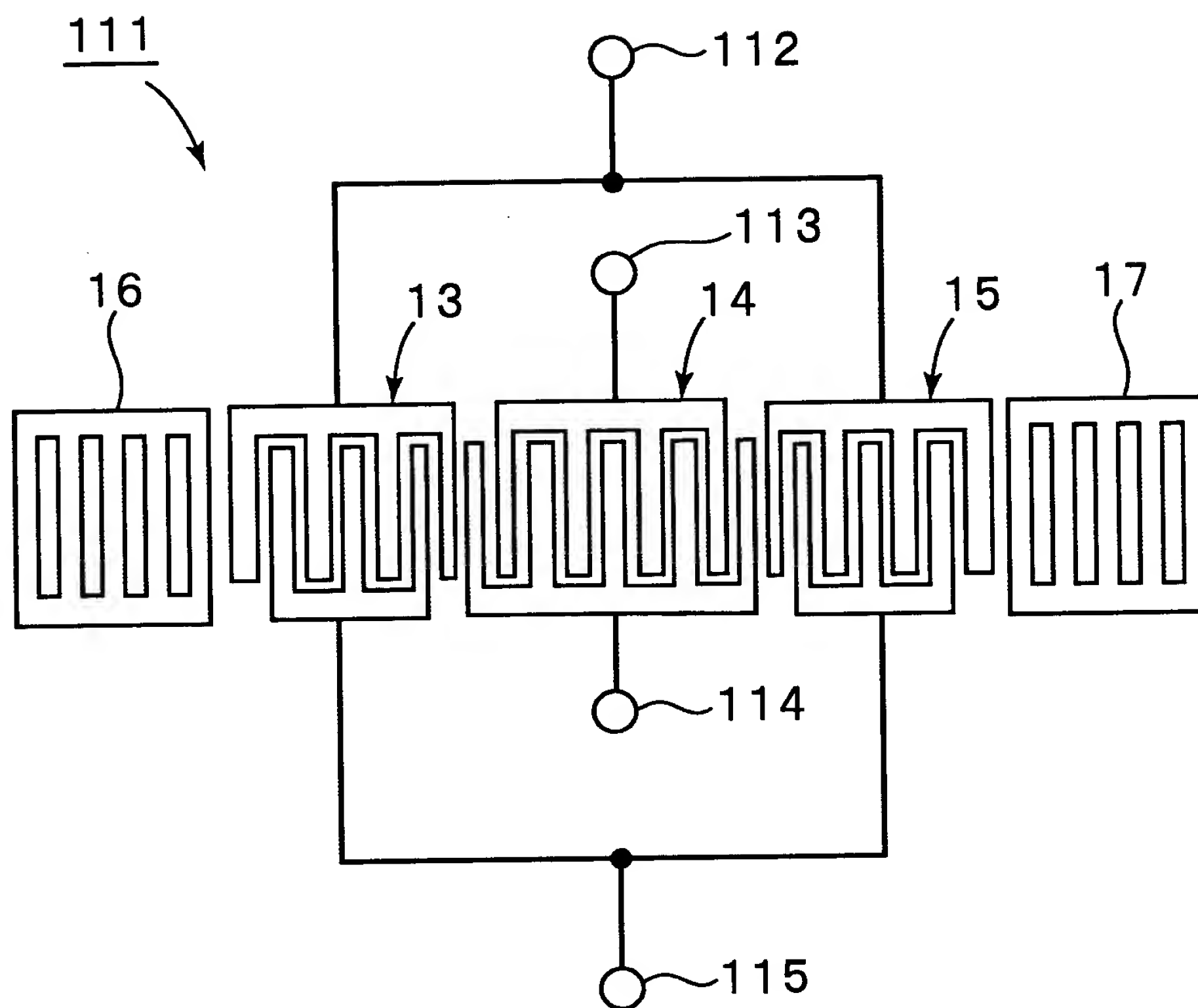
【図 2 9】



【図 3 0】



【図 3 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広帯域化を図り得るだけでなく、通過帯域内における挿入損失を小さくし得る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを得る。

【解決手段】 圧電基板 2 上に、弾性表面波伝搬方向に沿ってそれぞれ複数本の電極指を有する少なくとも 3 つの I D T 1 3 ~ 1 5 を備え、少なくとも 1 つの I D T 1 3 ~ 1 5 が、表面波伝搬方向に隣接している他の I D T 端部から一部分である第 1 の部分の電極指の周期が、該 I D T の残りの部分である第 2 の部分の電極指の周期と異なっている、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ 1。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号

氏 名 株式会社村田製作所